



ANNALES

**Anali za istrske in mediteranske študije
Annali di Studi istriani e mediterraneei
Annals for Istrian and Mediterranean Studies**

series historia naturalis, 20, 2010, 1

**ZALOŽBA ANNALES
KOPER 2010**

ISSN 1408-533X

UDK 5

Letnik 20, leto 2010, številka 1

**UREDNIŠKI ODBOR/
COMITATO DI REDAZIONE/
BOARD OF EDITORS:**

Dunja Bandelj Mavsar, Nicola Bettoso (IT), Christian Capapé (F), Darko Darovec, Dušan Devetak, Jakov Dulčić (HR), Serena Fonda Umani (IT), Andrej Gogala, Daniel Golani (IL), Mitja Kaligarič, Gregor Kovačič, Marcelo Kovačič (HR), Andrej Kranjc, Lovrenc Lipej, Alenka Malej, Patricija Mozetič, Martina Orlando Bonaca, Michael Stachowitsch (A), Tom Turk, Elena Varljen Bužan, Tone Wraber

**Glavni urednik/Redattore Capo/
Managing Editor:**

Darko Darovec

**Odgovorni urednik naravoslovja/
Redattore responsabile per le scienze
naturali/Natural Science Editor:**

Lovrenc Lipej

Urednica/Redattrice/Editor:

Patricija Mozetič

Lektorji/Supervisione/Language editors:

Anja Piriš (angl./sl.), Michael Stachowitsch (angl.)

Prevajalci/Traduttori/Translators:

Anja Piriš (angl./sl.), Martina Orlando-Bonaca (sl./it.)

**Oblikovalec/Progetto grafico/
Graphic design:**

Dušan Podgornik

Prelom/Composizione/Typesetting:

Franc Čuden - Medit d.o.o.

Tisk/Stampa/Print:

Grafis trade d.o.o.

Izdajatelj/Editori/Published by:

Univerza na Primorskem, Znanstveno-raziskovalno središče Koper /
Università del Litorale, Centro di ricerche scientifiche di Capodistria
/ University of Primorska, Science and Research Centre of Koper©,
Zgodovinsko društvo za južno Primorsko/ Società storica del
Litorale©

**Za izdajatelja/Per gli Editori/
Publishers represented by:**

Darko Darovec, Salvator Žitko

**Sedež uredništva/
Sede della redazione/
Address of Editorial Board:**

Nacionalni inštitut za biologijo, Morska biološka postaja Piran /
Istituto nazionale di biologia, Stazione di biologia marina di Pirano
/ National Institute of Biology, Marine Biology Station Piran
SI-6330 Piran/Pirano, Fornače/Fornace 41, tel.: ++386 5 671 2900,
fax 671 2901;
e-mail: annales@mbss.org, **internet:** <http://www.zrs.upr.si/>

Redakcija te številke je bila zaključena 15. 6. 2010

**Sofinancirajo/Supporto finanziario/
Financially supported by:**

Javna agencija za knjigo Republike Slovenije, Ministrstvo za šolstvo
in šport Republike Slovenije, Mestna občina Koper, Občina Izola

Annales - series historia naturalis izhaja dvakrat letno.

Letna naročnina je 16 EUR, maloprodajna cena tega zvezka je 11 EUR.

Naklada/Tiratura/Circulation:

700 izvodov/copie/copies

Revija Annales series historia naturalis je vključena v naslednje podatkovne baze: BIOSIS-Zoological Record (UK);
Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts (ASFA)

VSEBINA / INDICE GENERALE / CONTENTS

EKOLOGIJA MORJA
ECOLOGIA DEL MARE
MARINE ECOLOGY

- Claudia KRUSCHEL & Stewart T. SCHULTZ**
Relations of macrofaunal diversity with habitat diversity in a central Croatian Adriatic lagoon 1
Razmerja med pestrostjo vrst makrofavnih in pestrostjo habitatov v laguni v osrednjem hrvaškem Jadranu

- Antonio CELONA & Giorgia COMPARETTO**
Prime osservazioni sulla predazione opportunistica del "vermocene" *Hermodice carunculata* (Pallas, 1766), ai danni della piccola pesca artigianale nelle acque di Lampedusa (Is. Pelagie) 15
Prva opažanja predacije ognjenega črva Hermodice carunculata (Pallas, 1766) in vplivov na obrtniški ribolov v vodah Lampeduze (otočje Pelagie)

RECENTNE SPREMEMBE V SREDOZEMSKI
BIODIVERZITETI
CAMBIAMENTI RECENTI NELLA
BIODIVERSITÀ MEDITERRANEA
RECENT CHANGES IN THE MEDITERRANEAN
BIODIVERSITY

- Jakov DULČIĆ, Branko DRAGIČEVIĆ & Lovrenc LIPEJ**
New record of the blue crab, *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896, (Decapoda: Brachyura) in the Adriatic Sea 23
Nova najdba modre rakovice, Callinectes sapidus Rathbun, 1896, (Decapoda: Brachyura) v Jadranskem morju

- Karima AZZOUZ, Sonia MANSOUR, Moncef BOUMAÏZA & Christian CAPAPÉ**
Occurrence of the Por's goatfish *Upeneus pori* (Osteichthyes: Mullidae) in the Lagoon of Bizerte (northern Tunisia, central Mediterranean) 29
Pojav tujerodnega bradača Upeneus pori (Osteichthyes: Mullidae) v Laguni Bizerte (severna Tunizija, osrednje Sredozemlje)

- Mourad CHERIF, Mohamed Mourad BEN AMOR, Marouene BDIOUI, Skander BEN SALEM, Hechmi MISSAOUI & Christian CAPAPÉ**
Additional records of the blunthead puffer, *Sphoeroides pachygaster* (Osteichthyes: Tetraodontidae) off the Tunisian coast (central Mediterranean) 33
Novi podatki o štirizobki, Sphoeroides pachygaster (Osteichthyes: Tetraodontidae) iz obrežnih tunizijskih voda (osrednje Sredozemlje)

SREDOZEMSKI MORSKI PSI
SQUALI MEDITERRANEI
MEDITERRANEAN SHARKS

- Hakan KABASAKAL**
Post-release behavior and anthropogenic injuries of the bluntnose sixgill shark, *Hexanchus griseus* (Bonnaterre, 1788) (Chondrichthyes: Hexanchidae) in Turkish waters 39
Vedenje po izpustu in antropogene poškodbe morskega psa šesteroškrgarja Hexanchus griseus (Bonnaterre, 1788) (Chondrichthyes: Hexanchidae) v turških vodah

- Néjia MNASRI, Olfa EL KAMEL & Moncef BOUMAÏZA**
Atypical coloration in small-spotted catshark *Scyliorhinus canicula* (Chondrichthyes: Scyliorhinidae) caught off northern Tunisian coast (central Mediterranean) 47
Atipična obarvanost navadne morske mačke Scyliorhinus canicula (Chondrichthyes: Scyliorhinidae), ujete ob tunizijski obali (osrednje Sredozemlje)

KRASOSLOVJE
CARSOLOGIA
KARSTOLOGY

- Stanka ŠEBELA**
Accesses from the surface to the Postojna cave system 55
Dostopi s površja v sistem Postojnskih jam

MISCELLANEA

Dejan PALISKA, Rudi ČOP & Daša FABJAN

The use of GIS-based spatial multi-criteria
evaluation in the selection process for the new
Slovenian geomagnetic observatory site 67
*Izbira lokacije za postavitev novega
geomagnetnega observatorija z uporabo
multikriterialne analize v GIS okolju*

Amelio PEZZETTA

Gli elementi orientali appenino-balcanici,
illirici, pontici e sud-est europei della flora
italiana: origini e distribuzione regionale..... 75
*Vzhodni apeninsko-balkanski, ilirski, pontski
in južno-vzhodno evropski elementi italijanske
flore: izvor in regijska distribucija*

IN MEMORIAM

Dušan Podgornik In memoriam (**Lovrenc Lipej**) 91

Navodila avtorjem 93

Instructions to authors 95

Istruzioni per gli autori 97

Kazalo k slikam na ovitku 99

Index to images on the cover 99

RELATIONS OF MACROFAUNAL DIVERSITY WITH HABITAT DIVERSITY
IN A CENTRAL CROATIAN ADRIATIC LAGOON

Claudia KRUSCHEL & Stewart T. SCHULTZ

University of Zadar, Department of Maritime Sciences, HR-23000 Zadar, M. Pavlinovica bb, Croatia

E-mail: claudia@claudiakruschel.com

ABSTRACT

The macrofauna of the shallow benthos (0–6 m) in the Novigrad Sea, the Central Croatian Adriatic, was censused in three seasons and over five habitat types at ten sites in 2007/8. The relative abundances of all animal taxa identified within the resulting fifty habitats x site combinations were subjected to a cluster analysis. There was a strong tendency for habitats to cluster together indicating that unique associations of fauna with their preferred habitat exist and that they are spatially stable. Sub-clustering within four of the main habitat types coincided with site variability in faunal richness and diversity. Regardless of clustering, habitat diversity explained 29% of faunal diversity across rock sites and 39% across sparse seagrass sites, while faunal abundance explained 46% of faunal diversity in rock habitats (positive correlation) and 32% at unconsolidated sediments (negative correlation).

Key words: habitat diversity, faunal diversity, visual census, GPS, videography, Adriatic Sea

RELAZIONE FRA DIVERSITÀ MACROFAUNISTICA E DIVERSITÀ DI HABITAT
IN UNA LAGUNA CROATA NELL'ADRIATICO CENTRALE

SINTESI

La macrofauna bentonica di acque superficiali (0–6 m) nel mare antistante Novigrad, in Adriatico centrale, è stata campionata durante tre stagioni in cinque tipi di habitat e 10 siti di campionamento, fra il 2007 ed il 2008. Le abbondanze relative di tutti i taxa animali identificati all'interno delle 50 combinazioni habitat x sito, sono state sottoposte alla cluster analysis. I risultati evidenziano una forte tendenza degli habitat a raggrupparsi, il che indica una marcata relazione fra la fauna e l'habitat preferenziale, nonché la stabilità su scala spaziale. I sotto-raggruppamenti all'interno di quattro habitat principali coincidono con la variabilità dei siti in termini di ricchezza faunistica e diversità. A prescindere dalla cluster analysis, la diversità di habitat spiega il 29% della diversità faunistica in siti di fondo duro, e il 39% in siti con fanerogame marine sparse. L'abbondanza faunistica invece spiega il 46% della diversità faunistica in habitat rocciosi (correlazione positiva) ed il 32% su sedimenti non-consolidati (correlazione negativa).

Parole chiave: diversità di habitat, diversità faunistica, censimenti visivi, GPS, videografia, mare Adriatico

INTRODUCTION

Biodiversity is rapidly being lost in a world increasingly transformed by human activities and there is a need to understand the factors mediating species coexistence and local biodiversity. Shallow enclosed lagoons simultaneously provide nursery habitat for fish and invertebrates, but are especially vulnerable because they have limited exchange of water and fauna with the open sea and already experience natural stresses such as large annual salinity variations, which shape the unique fauna and habitats. Understanding the drivers of diversity permits predictions regarding the influence of anthropogenic activities. Environments with steep gradients in habitat characteristics allow for spatial niche segregation among species and species sorting by habitat (Mouillot, 2007). In such a situation faunal diversity depends primarily on the availability of niches, those directly related to habitat as well as resource niches indirectly related to habitat, such as trophic niches (Wilson, 1999). The total number of niches then is determined by habitat diversity, whose components are habitat heterogeneity and habitat complexity (Ziv, 1998; Guidetti & Bussotti, 2002). Habitat heterogeneity refers to the relative abundance of the various structural components within a habitat, and their variability, while complexity deals with the absolute abundance of the various structural components.

For example, the presence of seagrass at a location often has a positive effect on faunal diversity due both to its structural complexity (Hori *et al.*, 2009) and its heterogeneity, which includes spatial variability in seagrass species, shoot density, and shoot morphology (Bell & Westoby, 1986a, b). Likewise, rock habitats are known to have high faunal diversity of cryptobenthic species such as Blennidae and Gobiidae, which increases with increasing complexity and heterogeneity (Macpherson & Zika, 1999; Gratwicke & Spreight, 2005; La Mesa *et al.*, 2006; Lingo & Szedlmayer, 2006; Orlando-Bonaca & Lipej, 2007). Even sediments, lacking three dimensional complexity on a scale of macrofaunal body size, are nevertheless reported to support a more diverse macrofauna when heterogeneous in particle size (Hilbig & Blake, 2000; Jayaraj *et al.*, 2008). This is because particle size influences physical variables, including water and organic matter content (Kruschel *et al.*, 2009), oxygen concentration (Rosenberg *et al.*, 2002), and sediment resuspension rates (Rutzler *et al.*, 2000), which all influence the habitat choice of infauna and surface organisms (Alongi & Christofferson, 1992). Generally, increased habitat diversity (complexity and heterogeneity) is expected to increase the number of food resource niches, e.g. epifauna and epiphytes on seagrass (Sirota & Hovel, 2006) and rock (Consoli *et al.*, 2008) or infauna (Sciberras *et al.*, 2009) in heterogeneous sediments, thereby increasing faunal diversity through reduced

competition when diet overlap is low (Moreno-Rueda *et al.*, 2009).

The shallow benthos of the Novigrad Sea is spatially heterogeneous. Fundamentally different habitats with three-dimensional structure (macroalgae, rock, seagrass) and unconsolidated sediments occur in a patchy mosaic at the scale of a few meters. If species sorting and niche availability were in fact the main drivers of faunal assembly and diversity in the Novigrad Sea lagoon, we would predict to observe (1) habitat specific faunal assemblages that are spatially stable (across sites), and that (2) site variability in faunal diversity for each of the basic habitat associated assemblages can be explained by the site variability in habitat diversity.

MATERIAL AND METHODS

Geographical location and sample locations

The Novigrad Sea, Croatia (44°12'N, 15°30'E) is a protected lagoon of 29 km² (approximately 8.5 km long) in the eastern Adriatic Sea. It is connected to the open Adriatic by the Velebit Channel via a narrow strait, the Maslenica Channel (Fig. 1). The study area is influenced by freshwater inflow from the Zrmanja River, a few small seasonal creeks, and a canal in the far western corner (Sinovčić *et al.*, 2004; Matić-Skoko *et al.*, 2007).

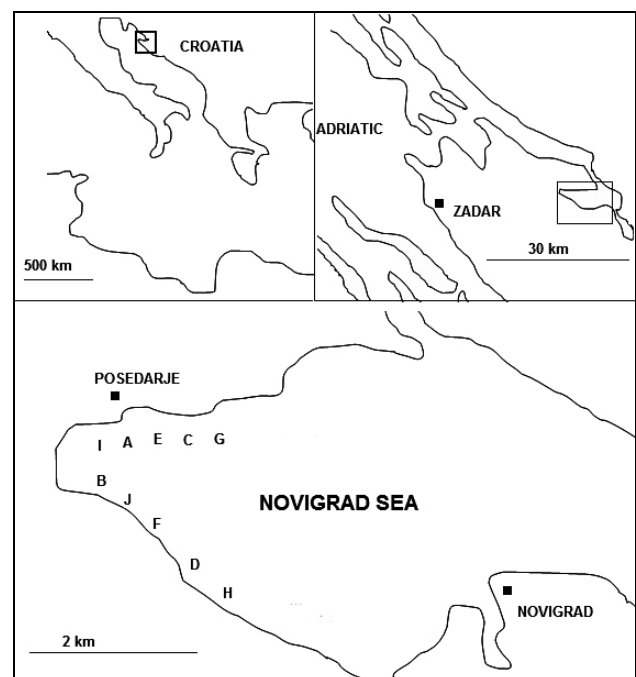


Fig. 1: Approximate location of the ten study sites (A–J) in the Novigrad Sea.

Sl. 1: Približne lokacije desetih obravnavanih območij (A–J) v Novigrajskem morju.

The total water volume is approximately 0.5 km³ and reaches maximum depth of 35 m near the channel mouth. Tidal differences are 30 cm or less. Wave heights up to about 1 m occur under strong winds. The shallow benthic habitats (less than about 6 meters depth) include dense macroalgae/rock, unconsolidated sediments, and sparse to dense seagrass on mud, sand, or gravel. The seagrass is most expansive in the low gradient western portion near Posedarje (Schultz *et al.*, 2009). It was this area chosen for the study due to the presence of equal representation of each of the major benthic habitats of shallow protected waters of the Adriatic (seagrass, rock from pebble to bedrock, macroalgae, unconsolidated sand and gravel), all intermixed and neighboring each other on a small spatial scale along a shoreline several kilometers in length (Bakran-Petricioli *et al.*, 2006, Janeković *et al.*, 2006).

Ground cover/habitat distribution

Along visual census SCUBA transects a total of 5930 m of macroalgae (A), 5500 m of bare rock (R), 9300 m of dense seagrass (SD), 9400 m of sparse seagrass (SS),

and 8400 m of bare, unconsolidated mud, sand or gravel (U) were encountered, with each category scored at a resolution of about 0.3 m. All seagrass vegetation occupied mud, sand or gravel. Algae (*Cystoseira* and a few unidentified brown and green algae), were attached to rocks of all sizes. For a detailed description of the structural heterogeneity within the five basic habitat categories see Table 1. While all five ground cover types were observed at all sampled depths, algae and rock dominated the shallowest sampling zone (0–2 m), bare unconsolidated ground the intermediate zone (1.5–3.5 m), and seagrass the deepest zone (2.5–5 m) (Fig. 2). Three parallel to the shore transects, one in each sampling zone, were investigated at ten study sites (A–J) that varied in the observed proportions of the five basic ground covers averaged across all three zones (Fig. 3).

Visual census transects

The abundance of macrofauna was censused along 2-m wide SCUBA belt transects (Nagelkerken *et al.*, 2000; Horinouchi *et al.*, 2005). Visual census allows quantification of habitat occupation by each individual

Tab. 1: Key to the identification of microhabitats within the basic habitats. Seagrass is identified by species and visual density (ground coverage proportion), unconsolidated sediments by grain size, algae by species and rock by size and cover. The sediment grain size and rock size categorization is a modified version of Larsonneur (1977) (in UNEP, 1998).

Tab. 1: Ključ za identifikacijo mikrohabitata znotraj osnovnih habitatov. Habitat morske trave je določen z vrstami in vizualno ocenjeno gostoto (delež pokrovnosti tal), neutrjeni sedimenti z velikostjo delcev, alge z vrstami in skale z velikostjo in poraščenostjo. Kategorizacija velikosti delcev pri sedimentih in velikosti skal po prirejeni Larsonneur verziji (1977) (v UNEP, 1998).

seagrass (sparse, SS and dense, SD with matching ground coverage proportions: 0 – 1)		
N	<i>Zostera noltii</i>	1 = SS 0 – 0.25
Z	<i>Z. marina</i>	2 = SS 0.25 – 0.5
C	<i>Cymodocea nodosa</i>	3 = SD 0.5 – <1
combinations, sequence = dominance		4 = SD 1
ZZ = either NZ or ZN (see Table 2)		
unconsolidated sediments		algae
U	1 = mud (< 50 µm)	A1 <i>Cysoseira</i> spp
	2 = sand (50 µm – 0.2 mm)	A _{oth} other algae
	3 = sandgravel (0.2 – 2mm)	
	4 = gravel (2 mm – 2cm)	
	5 = sand within rocks	
D	6 = gravel within rocks	
H	sediment covered with dead seagrass	
	human wastes	
bare rocks		
R	bare rock	1 = pebble (2cm - fist)
RT	rock covered in algal turf	2 = cobble (fist - head)
MR	rock covered in <i>Mythilus</i>	3 = rock (head - body)
		4 = boulder (> body)
		5 = bedrock

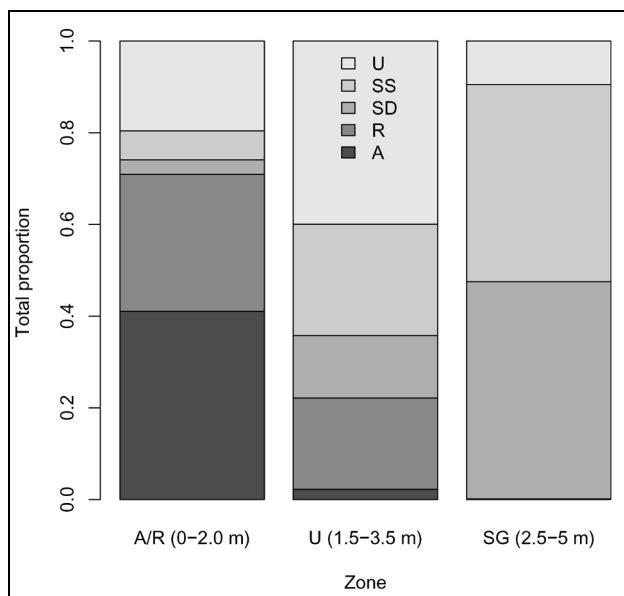


Fig. 2: Relative abundance of the five basic habitats (U: unconsolidated sediments, SS: sparse seagrass, SD: dense seagrass, R: bare rocks, A: algae) across depth related zones (A/R: algae and rocks, U: unconsolidated sediments, SG: seagrass) in which macrofauna was visually censused along parallel transects (one per zone).

Sl. 2: Relativna številčnost petih osnovnih habitatov (U: neutrjeni sedimenti, SS: redka morska trava, SD: gosta morska trava, R: neporaščene skale, A: alge) po globinskih območjih (A/R: alge in skale, U: neutrjeni sedimenti, SG: morska trava), v katerih je bila makrofavna vizualno popisana vzdolž paralelnih transektov (eden na območje).

animal, at all substrates and on a small scale (body size; Lipej & Orlando-Bonaca, 2006). This is not possible for other popular methods such as trawl or seine net sampling (Gray *et al.*, 1998; Hindell & Jenkins, 2005; Hori-nouchi *et al.*, 2005). Macrofauna observed comprised all fish species and all invertebrates large enough to be detectable by naked eye and without physically disturbing the habitat. All individuals of all taxa were recorded but for the presented analyses, observational units called "groups" were used, defined as spatial clusters of 1 or more individuals of the same species observed at the same moment. For statistical tests, the appropriate unit of replication is probably the group, since individuals within a group are not independent observations, and ninety-eight percent of all groups observed comprised 10 or less individuals. Transects were followed at a speed of approximately 0.3 m/sec during the day and 0.15 m/sec during the night. Transect length ranged from 160 m to 360 m.

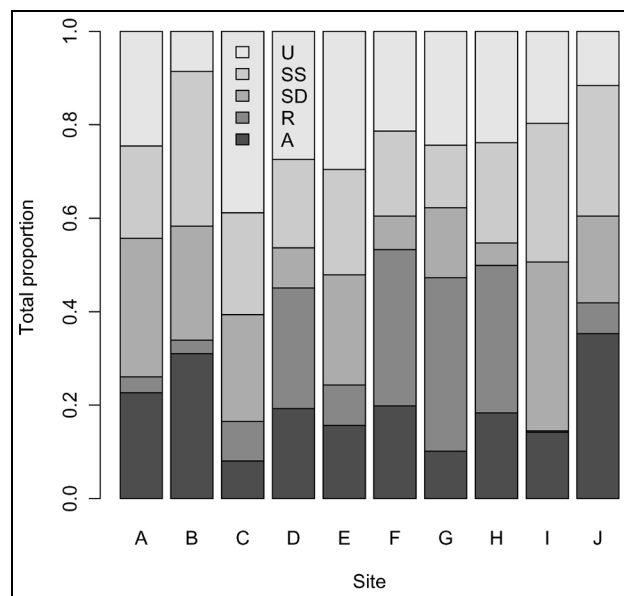


Fig. 3: Relative abundance of the five basic habitats (U: unconsolidated sediments, SS: sparse seagrass, SD: dense seagrass, R: bare rocks, A: algae) along long transects within sites (A–J).

Sl. 3: Relativna številčnost petih osnovnih habitatov (U: neutrjeni sedimenti, SS: redka morska trava, SD: gosta morska trava, R: neporaščene skale, A: alge) vzdolž dolgih transektov znotraj območij (A–J).

DGPS/videography

During the daytime sampling, the diver carried a video sensor (Sony, 480 color TVL) that continuously recorded the sea bottom. Simultaneously overlaid on the video image was satellite time recorded every two seconds. Depth was recorded by a 200 KHz, 11.208, single-beam transducer. Horizontal DGPS coordinates (2006 Trimble Pro XRS) were taken with real-time sub-meter accuracy from radio beacon transmissions to a GPS antenna held by kayak operator directly above the video sensor visible from the surface (Norris *et al.*, 1997; Dauwalter *et al.*, 2006; Schultz, 2008). The night dives followed the same transects as the day dives usually within 24 hours, by submeter real-time navigation over the DGPS tracks of that day's dive transects. This had the advantage of not using underwater survey markers or tape measures which have been observed to attract fish. The proportion of each microhabitat, defined as sub-habitats within the five basic habitats: rock (R), algae (A), dense seagrass (SD), sparse seagrass (SS), and unconsolidated sediments (U), occupying the transect, was

measured by analysis of the video (for microhabitat identification key see Table 1). Each second of the video was identified as representing one of these microhabitats, and then the linear extent of transect occupied by each of the microhabitats was calculated from the associated DGPS positions (Schultz, 2008). One second of video represents approximately 0.3 m of transects.

Calculation of fauna and habitat related variables

Total abundance of a faunal species was defined as the number of observational units or groups encountered per meter of visual census transect. Relative abundance of a species within a site/habitat combination was equal to the absolute abundance in that combination divided by the total abundance of all species within that combination. Faunal diversity was calculated as the Simpson's reciprocal index, equal to the multiplicative inverse of the probability that two random groups of fauna are the same species. This we refer to as the "effective" number of species or the number of species in the site/habitat if all species were equally abundant, given the observed probability that two random groups are the same species. Habitat diversity – again as Simpson's reciprocal index, in this case the reciprocal of the probability that two random seconds of transect video showed the same bottom microhabitat. This is referred to in the text as the "expected" number of microhabitat types for a site/habitat combination. Total microhabitat abundance was equal to the number of video seconds showing a particular microhabitat type within a transect. Relative microhabitat abundance within a given site/habitat was equal to its absolute abundance divided by the total number of seconds in the transect video.

Data analysis

All confirmatory statistical tests were conducted within general linear models, including unequal variance *t*-tests, single-factor ANOVA and linear regression, after checking for normality and homoscedasticity.

RESULTS

As reported in a previous publication (Schultz *et al.*, 2009), over a total dive transect length of 39 km accomplished in 60 hours of diving, 61,713 animals have been observed: 54,043 fish belonging to 39 taxa and 7670 invertebrates belonging to 46 taxa. Individuals have been recorded in 10,359 observational fish groups and 4,309 observational groups of invertebrates. The total faunal density was 1.6 animals per transect meter (1.4 fish and 0.20 invertebrates), or 0.38 observational units per transect meter (0.27 fish and 0.11 invertebrate).

Habitat specific faunal assemblages

The cluster analyses of the site specific relative abundances of faunal taxa observed in each of the site/habitats revealed seven main significant clusters (Fig. 4), with each cluster representing one of the five basic habitats, including: sparse seagrass (SS, cluster 5), dense seagrass (SD, clusters 1 and 6), rock (R, clusters 2 and 3), unconsolidated sediments (U, cluster 4), and algae (A, cluster 7). For each of the seven main clusters Table 2 gives information on total faunal and microhabitat richness and taxon dominance and indicates in which of the five basic habitats (A, R, SS, SD, U) taxa reach their highest relative abundance. The number of dominant taxa (comprising 90% of the total faunal abundance) within each main cluster positively correlated with sub-cluster habitat richness (Tab. 2). Faunal richness and habitat richness was highest at bare sediment (cluster 4), in sparse seagrass (cluster 5), and in dense seagrass (cluster 6). Taxa comprising 90% of the total faunal abundance in the sparse seagrass (cluster 5) and in the rock habitat (cluster 3) were most even in their relative abundances, whereas the faunal assemblage at bare sediments was dominated by *Gobius niger* and gobiid juveniles, comprising more than 50% of the total faunal abundance (Tab. 2).

Rock habitat (clusters 2 and 3)

Gobiids (*Gobius cobitis* (Goco), *G. paganellus* (Gopa), *G. cruentatus* (Gocr), and *G. bucchichii* (Gobu)) reached their highest relative abundance in the rock habitat and several blennids (*Parablennius sanguinolentus*, *P. incognitos*, *P. gattorugine* (Paga), *Lipophrys dalmatinus*, and *L. pavo*), and *Serranus scriba* was found there exclusively. Invertebrates found solely on rocks were the squid lobsters of the genus *Galathea*, the crab *Eriphia verrucosa*, the urchin *Paracentrotus lividus*, and oysters (Ostreidae). The shrimp *Palaemon elegans* (Pael) had its highest relative abundance here, while labrids (*Symphodus ocellatus* (Syoc) and *S. roissali* (Syroi)) were very common, yet had an even higher relative abundance in algal vegetation.

Algae habitat (cluster 7)

The algal vegetation assemblage is characterized by two species of labrids *S. ocellatus* (Syoc) and *S. roissali* (Syroi), and the shrimp *P. elegans* (Pael) all of which also associate with rocks. Algal assemblages of different locations vary primarily in the relative abundances of these labrids and shrimp: as labrids increase the shrimp decreases and vice versa. Like the two labrids, *Atherina* spp. (Ath) reaches its highest abundance in the algal habitat where at night individuals or small groups hover in canopy gaps within stands of large *Cystoseira* individuals.

Tab. 2: Comparison of the main site/habitat clusters (Fig. 4) by relative abundance of common taxa (comprising 90% of the total abundance) and total faunal richness (above) and by relative abundance of microhabitats and microhabitat richness. For microhabitat identification refers to Table 1. Highlighted abbreviations for common animal taxa (see text for full species names) indicate in which habitat taxa reached their peak relative abundance.

Tab. 2: Primerjava glavnih skupin območje/habitat (Sl. 4) z relativno številčnostjo glavnih vrst (90% celotne številčnosti) in celotnega bogastva favne (zgoraj) ter z relativno številčnostjo mikrohabitats in bogastva mikrohabitats. Za identifikacijo mikrohabitats glej Tabelo 1. Poudarjene okrajšave za glavne živalske vrste (glej besedilo za polno ime vrste) označujejo habitat, v katerem je vrsta dosegla največjo relativno številčnost.

SD (dense seagrass)		R (rocks)		U (sediments)		SS (sparse seagrass)		A (algae)	
Cluster 1 prop.	Cluster 6 prop.	Cluster 2 prop.	Cluster 3 prop.	Cluster 4 prop.	Cluster 5 prop.	Cluster 7 prop.	Cluster 5 prop.	Cluster 7 prop.	Cluster 7 prop.
relative faunal abundances									
Psmi 0.529	Ath 0.240	Pael 0.341	Goni 0.120	Goni 0.337	Goni 0.190	Ath 0.360			
Zoop 0.090	Psmi 0.171	Goni 0.138	Gobu 0.119	Gojuv 0.166	Zoop 0.114	Syoc 0.198			
Ath 0.072	Zoop 0.131	Gojuv 0.114	Goco 0.113	Ath 0.140	Ath 0.111	Syroi 0.162			
Pael 0.050	Pael 0.085	Ath 0.071	Ath 0.112	Pagurus 0.063	Brachyura 0.106	Pael 0.147			
Ansu 0.045	Ansu 0.062	Brachyura 0.066	Pael 0.111	Pael 0.045	Pagurus 0.100	Brachyura 0.036			
Hetr 0.038	Brachyura 0.059	Zoop 0.066	Syroi 0.090	Brachyura 0.044	Gojuv 0.068				
Brachyura 0.034	Goni 0.053	Syoc 0.048	Gocr 0.089	juv2 0.022	Pael 0.063				
Pagurus 0.032	Pagurus 0.035	Paga 0.048	Syoc 0.073	Gobu 0.021	Hetr 0.044				
	Anan 0.028		Brachyura 0.052	Syroi 0.017	Ansu 0.024				
	Syoc 0.028		Gopa 0.033	Syoc 0.015	Psmi 0.024				
				Goco 0.013	Syoc 0.016				
				Hetr 0.010	Gobu 0.011				
				Gocr 0.008	Syroi 0.010				
				juv1 0.008	juv2 0.009				
+ 19 taxa 0.099	+ 43 taxa 0.108	+ 4 taxa 0.110	+ 28 taxa 0.087	+ 45 taxa 0.091	+ 43 taxa 0.108	+ 28 taxa 0.097			
relative habitat abundances									
ZZ3 0.584	ZZ3 0.386	R1 0.440	R2 0.428	U2 0.244	N2 0.353	A1 0.993			
N3 0.196	N3 0.245	R2 0.425	RT3 0.221	U3 0.208	ZZ2 0.175	A _{oth} 0.007			
C3 0.168	C2 0.099	R3 0.108	R3 0.165	D 0.111	N1 0.137				
ZZ4 0.052	ZZ4 0.070	RT2 0.022	R1 0.076	U5 0.107	R2 0.104				
	N2 0.048	RT3 0.006	RT4 0.054	U4 0.093	C2 0.078				
	N4 0.042		RT2 0.045	R2 0.063	R1 0.067				
	C3 0.034		R4 0.005	R1 0.060	Z2 0.022				
	ZZ2 0.023		MR4 0.003	U6 0.050	ZZ1 0.018				
	Z2 0.022		MR3 0.001	R3 0.020	Z1 0.011				
	N1 0.016		R5 0.001	RT3 0.020	RT2 0.009				
	Z1 0.008			RT2 0.006	RT3 0.006				
	C1 0.006			RT5 0.005	RT1 0.006				
	ZZ1 0.001								
				+ 6 habitats 0.013	+ 3 habitats 0.010				

Unconsolidated sediment habitat (cluster 4)

Common inhabitants on bare sand/gravel near the rocks in shallow water are the goby *Gobius niger* (Goni) and hermit crabs of the genus *Pagurus*. Common inhabitants on bare sand/gravel near the lower limits of the *Cymodocea nodosa* beds in deeper water include the bivalve *Pecten jacobaeus*, the gastropod *Hexaplex trunculus* (Hetr), and the fish *Symphodus cinereus*. Taxa common in more expansive areas of bare sand/gravel include small gobiids, mainly *Pomatoschistus* spp., ju-

veniles of *G. niger* (Gojuv), and benthic-pelagic juvenile fish with schooling behavior (juv1 and juv2).

Sparse seagrass (cluster 5)

Species frequently observed in sparse seagrass are associated either with shallower *Zostera* beds (*Zosterisessor ophiocephalus* (Zoop) and *Anemonia viridis* (Anvi)) or deeper *Cymodocea* beds and the adjacent deep unvegetated sediments (*H. trunculus* (Hetr), *P. jacobaeus*, *S. cinereus*, *Spicara smar*).

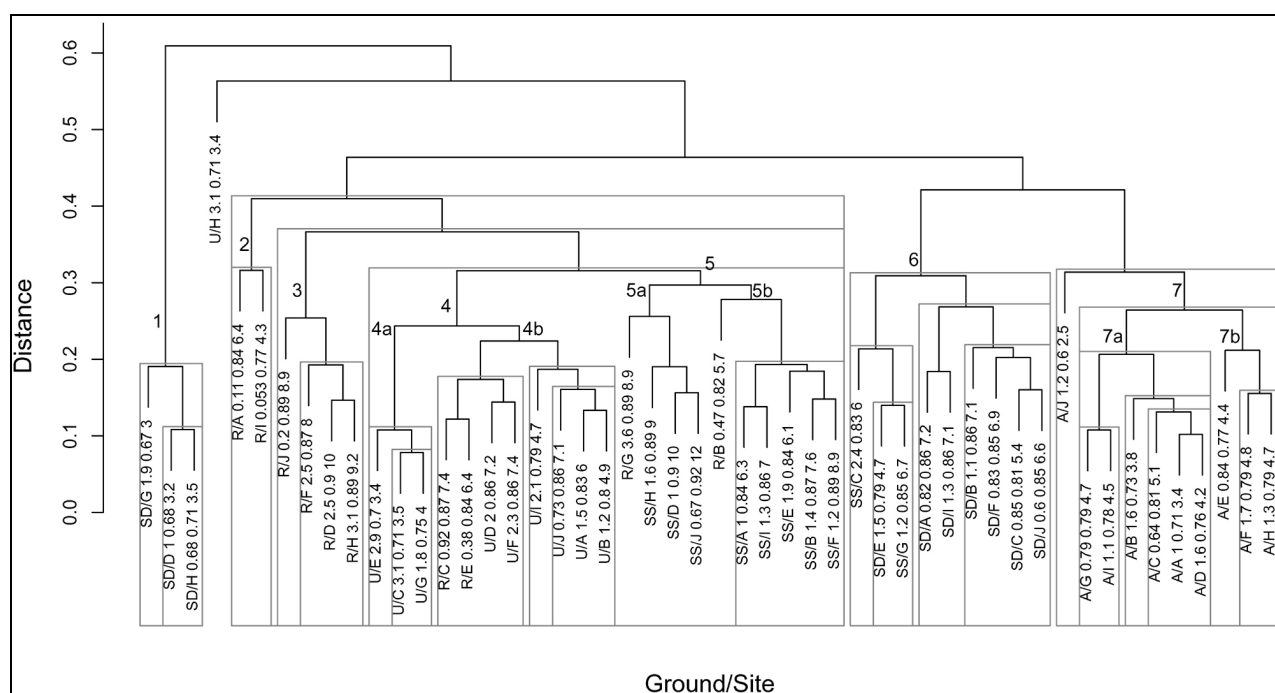


Fig. 4: Dendrogram of site/habitat combinations based on taxa abundance per linear transect meter relative to the total within each of the five substrates, all sampling times (diel, seasonal) and all sites (A–J) pooled. Significant clusters (multiscale bootstrap resampling probability >0.95) are enclosed in rectangles. Main subclusters representing one of the five basic habitats (see Fig. 3) are numbered. Primary subclusters within main habitat clusters are indicated with the letters "a" and "b" in addition to the cluster number. Total faunal abundance (1st value) and diversity indices (probability, 2nd value, and effective number of taxa, 3rd value) were displayed along with the name of each of the fifty site/habitat combinations.

Sl. 4: Dendrogram kombinacij območje/habitat na podlagi številčnosti taksonov na meter linearnega transektu glede na celoto znotraj vsakega od petih substratov, vseh časov vzorčenja (dnevni, sezonski) in vseh območij vzorčenja (A–J). Statistično značilne skupine (multiscale bootstrap resampling verjetnost >0,95) so označene z okviri. Glavne podskupine, ki predstavljajo enega od petih glavnih habitatov (glej Sl. 3), so oštevilčene. Glavne podskupine znotraj glavnih habitatnih skupin so označene s črkami "a" in "b" poleg številke skupine. Celotna številčnost (1. vrednost) in diverzitetni indeks (verjetnost, 2. vrednost, in dejansko število taksonov, 3. vrednost) so pripisani imenu vsake od petdesetih kombinacij območje/habitat.

Dense seagrass (clusters 1 and 6)

The dense seagrass assemblage is characterized by the highest relative abundances of two invertebrates, the snakelock anemone *A. viridis* (Anvi) and the green urchin *Psammechinus microtuberculatus* (Psmi), although the abundance of the urchin is seasonal (highest in winter) and patchy (see Fig. 3, cluster 1 is separated from all others on the basis of high relative "Psmi" abundance). Likewise *A. viridis* (Anvi) have been observed to increase temporarily in spring when they cover seagrass blades in dense patches. Fish taxa reaching their peak abundance in dense seagrass are two seagrass resident predators, the European eel, *Anguilla anguilla* (Anan), and the grass goby, *Z. ophiocephalus* (Zoop). Although the labrid *S. cinereus* prefers deeper sparse *Cymodocea* and adjacent sediments for foraging, nests of this species

(identified by the presence of a territorial male) are associated with dense seagrass. While *Atherina* spp. (Ath) frequently and quickly passes in schools over all habitats during the day with little preference, it noticeably seeks out dense seagrass at night, hovering in small groups or individually at a distance above the canopy.

Site variability in habitat specific faunal richness, diversity, and abundance

Rock habitat (clusters 2 and 3)

The two main rock assemblages (clusters 2 and 3) were markedly different in taxon richness (12 vs. 38 taxa) (Tab. 3), yet the likewise large difference in mean diversity (e.g., 5.4 vs. 9 effective taxa) was not quite significant (Tab. 3), while mean faunal abundance was sig-

Tab. 3: Summary of the comparisons of mean site diversity and mean total site abundance within sub-clusters of basic habitats, with t test results given in columns 4–7. In addition sub-cluster richness (column 3), sub-cluster relative proportion of main habitats (column 8), and microhabitat heterogeneity indicators and their relative abundance for each sub-cluster are listed (column 9).

Tab. 3: Povzetek primerjave povprečne diverzitete območja in povprečne številčnosti celotnega območja znotraj podskupin osnovnih habitatov, pri čemer so rezultati t testa zapisani v stolpcih 4–7. Dodane so vrednosti za bogastvo podskupin (3. stolpec), za relativni delež glavnih habitatov po podskupinah (8. stolpec) in indikatorji mikrohabitatne heterogenosti ter njihova relativna številčnost za vsako podskupino (9. stolpec).

habitat	Cluster (richness)	site specific variables	mean	df	t value	p	site habitat proportions	heterogeneity	prop
dense seagrass	1 (27)	Index	3.233333	10	-9.8011	1.910e-06	0.05 – 0.15	<i>Z. noltii</i>	0.613
		probability	0.687	4.146	-	0.0003877		<i>Z. marina/C. nodosa</i>	0.386
	6 (53)	abundance	1.193333	2.938	10.4844	0.9858	mean 0.09	very dense seagrass	0.015
		Index	6.411111		-0.0193		0.7 – 0.36	<i>Z. noltii</i>	0.856
rocky groundcover	2 (12)	probability	0.840				mean 0.22	<i>Z. marina/C. nodosa</i>	0.14
		abundance	1.201111					very dense seagrass	0.144
	3 (38)	Index	5.350	1.323	-3.257	0.1389	0.14 – 0.22	pebbles/cobbles	0.886
		probability	0.8050	1.065	-2.32	0.2467		turf covered	0.027
unconsolidated sediments	4a (44)	abundance	0.0815	3.012	-3.1079	0.05269	mean 0.18	boulders	none
		Index	9.025				0.18 – 0.35	pebbles/cobbles	0.550
	4b (47)	probability	0.8875				mean 0.23	turf covered	0.320
		abundance	2.0750					boulders	0.062
sparse seagrass	5a (41)	Index	3.633333	8.933	-6.404	0.0001289	0.24 – 0.39	gravel	0.255
		probability	0.72000	4.116	-6.3876	0.002796		within rocks	0.258
	5b (50)	abundance	2.60000	2.003	4.3565	0.04874	mean 0.31	dead seagrass	0.006
		Index	6.387500				0.08 – 0.27	gravel	0.235
algae	7a (29)	probability	0.83875				mean 0.19	within rocks	0.159
		abundance	0.83875					dead seagrass	0.201
	7b (30)	Index	9.975000	5.608	3.516	0.01406	0.19 – 0.28	<i>Z. noltii</i>	0.636
		probability	0.9000000	7.911	3.7551	0.005697		<i>Z. marina</i>	0.220
unconsolidated sediment habitat (sub-clusters 4a and b)	4a (44)	abundance	1.717500	3.523	0.7395	0.5058	mean 0.23	<i>C. nodosa</i>	0.144
		Index	6.933333				0.18 – 0.33	<i>Z. noltii</i>	0.898
	4b (47)	probability	0.8533333				mean 0.25	<i>Z. marina</i>	0.042
		abundance	1.211667					<i>C. nodosa</i>	0.060
unconsolidated sediment habitat (sub-clusters 4a and b)	7a (29)	Index	4.283333	6.669	1.2528	0.2524	0.10 – 0.31	<i>Cystoseira</i> spp.	0.988
		probability	0.7483333	6.79	2.1152	0.07345			
	7b (30)	abundance	1.121667	3.849	0.531	0.6245	mean 0.18		
		Index	4.633333				0.16 – 0.20	<i>Cystoseira</i> spp.	1.000
unconsolidated sediment habitat (sub-clusters 4a and b)	4a (44)	probability	0.8066667				mean 0.18		
		abundance	1.280000						
	4b (47)	Index							
		probability							

nificantly higher for sites in cluster 3. Habitat composition differed in the two groups of rock sites: cluster 2 sites were dominated by pebbles and cobble sized rocks (89%) and lacked boulders, while sites in cluster 3 were to 45% occupied by rocks larger than pebbles and cobbles, of which 6% were boulders (Tab. 3). Also a higher proportion of rocks in cluster 3 sites were covered in turf algae and *Mytilus* than in cluster 2-sites (turf: 32% vs. 3%, *Mytilus*: 0.4% vs. none) Considering all rock sites, regardless of their cluster position, 29% of the variation among sites in faunal diversity was explained by rock diversity (Fig. 5, Tab. 4). Rock faunal abundance was positively correlated with faunal diversity and explained 46% of its variance (Tab. 4).

Unconsolidated sediment habitat (sub-clusters 4a and b)

The two main unconsolidated sediment assemblages differed significantly in faunal diversity (Tab. 3), yet they had equal taxon richness (44 and 47). Sites in cluster 4a had a significantly higher mean faunal abundance, primarily due to the high abundance of *Gobius niger* and juvenile gobiids (1.25 and 0.4 per transect meter), comprising 64% of the total faunal abundance. Sediments in 4a-sites did not differ as much in grain size from sediments in 4b-sites (26% vs. 24% coarse sand and gravel) as in spatial relation to neighboring habitats (rock vs. seagrass) (Tab. 3). More of the unconsolidated sediment in 4a-sites than in 4b-sites comprised small patches

Tab. 4: Site faunal diversity as a function of a site's habitat diversity in the rock and sparse seagrass habitat. For each habitat 12 microhabitat types were defined (for details see Table 1) and quantified in DGPS assisted videos of the benthos. Significance of correlation is indicated by p values which are given along with r^2 values.

Tab. 4: Favnišča diverzitet območja kot funkcija habitatne diverzitete območja za habitat skal in habitat redke morske trave. Za vsak habitat smo določili 12 mikrohrabitatnih tipov (za podrobnosti glej Tabelo 1) in jih količinsko opredelili z DGPS video meritvijo dna. Značilnost korelacije je podana v vrednosti p in r^2 .

	df	t value	p value	F	r^2 value
Response: faunal diversity rocky habitat (R)					
habitat diversity	8	1.395	0.0612	4.736	0.2934
faunal abundance	8	2.924	0.0192	8.549	0.4562
Response: faunal diversity sparse seagrass habitat (SS)					
habitat diversity	8	2.620	0.0307	6.862	0.3944
Response: faunal diversity unconsolidated sediment habitat (U)					
faunal abundance	8	-2.277	0.05232	5.184	0.3174

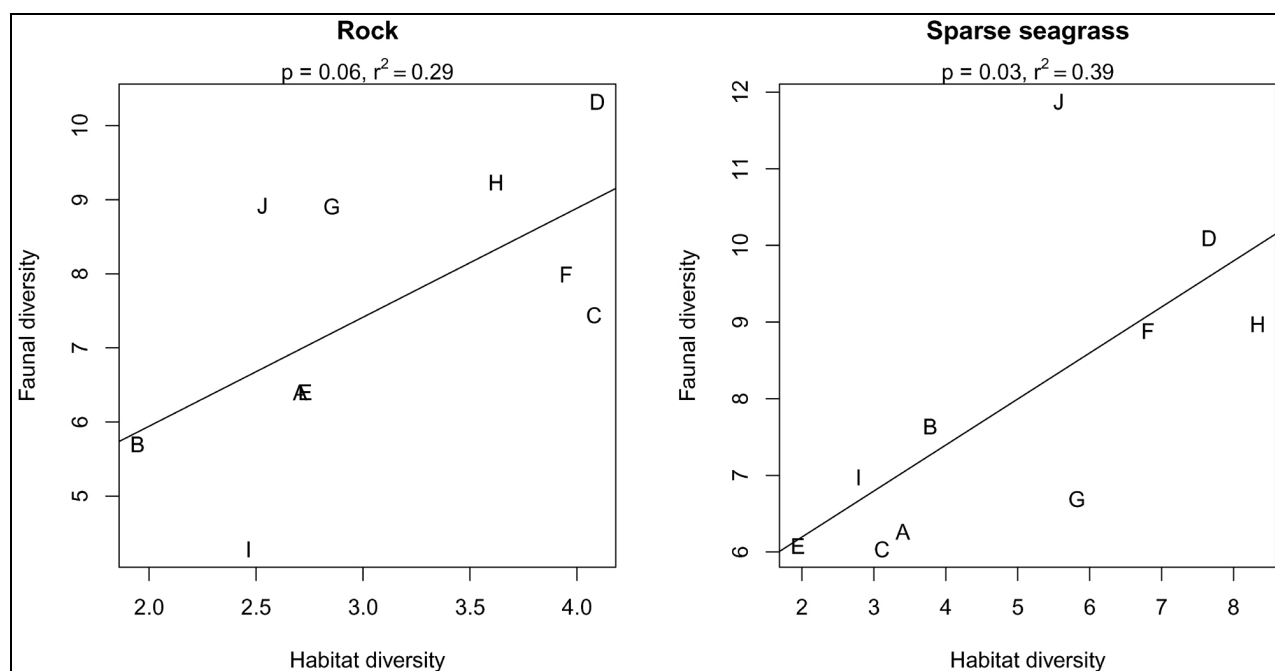


Fig. 5: Site/habitat taxon diversities (effective number of taxa) for the rock (right) and sparse seagrass (left) habitat as a function of a site's habitat diversity (effective number of microhabitats). Each of the 10 sites is represented by a letter (A–J). For site location see Fig. 1, for microhabitat categorization within basic habitats refers to Table 1. Microhabitats were quantified for each second (0.3 m) in DGPS assisted videos of the benthos. Significance of correlation is indicated by p values given along with r^2 values on top of each figure (for details of the ANOVA results see Table 4).

Sl. 5: Vrstna diverzitet za območje/habitat (dejansko število vrst) za habitat skal (desno) in redke morske trave (levo) kot funkcija habitatne diverzitete za posamezno območje (dejansko število mikrohrabitatov). Vsako od 10 območij je označeno s črko (A–J). Za lokacijo območja glej Sl. 1, za kategorizacijo mikrohrabitata znotraj osnovnih habitatov glej Tabelo 1. Mikrohrabitati so bili količinsko opredeljeni za vsako sekundo (0,3 m) v DGPS video meritvi dna. Značilnost korelacije je podana v vrednosti p in r^2 na vrhu vsakega grafa (za podrobnosti ANOVA rezultatov glej Tabelo 4).

among rocks (26% vs. 16%) while less sediment in 4a-sites than in 4b-sites was covered in dead seagrass (0.6% vs. 20%) (Tab. 3). Considering all sediment sites, regardless of their cluster location, faunal abundance is negatively correlated with faunal diversity and explains 32% of its variation (Tab. 4).

Sparse seagrass (sub-cluster 5a and b)

The two main sparse seagrass assemblages (sub-clusters 5a and b) significantly differed in faunal diversity (Tab. 3) which coincided with marked differences in the sparse seagrass habitat composition. Sparse seagrass in 5b-sites was to 90% comprised of *Zostera noltii*, the seagrass occupying the shallower benthos (0–2.5 m), while sites clustered in 5a had significantly higher proportions of other seagrass species than 5b-sites: deep (4.5–6m) sparse *Cymodocea* (2.5 times higher) and sparse *Z. marina* (4 times higher) (Tab. 3). Considering all sparse seagrass sites, regardless of their association with cluster, site variability in sparse seagrass habitat diversity was significantly correlated with and explained 29% of the site variability in faunal diversity (Fig. 5, Tab. 4).

Dense seagrass (clusters 1 and 6)

The two main dense seagrass assemblages (clusters 1 and 6) significantly differed in faunal diversity (Tab. 3) and in faunal richness (27 vs. 53), which coincided with marked differences in the dense seagrass site coverage (9% vs. 22%), density, and relative abundance of seagrass species. Sites in cluster 6 were dominated by *Z. noltii* (86%) and had a higher proportion of very dense seagrass (per transect meter coverage =1) than cluster 1-sites (14% vs. 1.5%) (Tab. 3).

Algae (clusters 7a and b)

The sites of the two main algal clusters did not significantly differ in faunal diversity, faunal abundance, or algal habitat diversity (Tab. 3).

DISCUSSION

The study area indeed comprised habitat specific faunal assemblages (Fig. 4). Each of the five basic habitats, algae (A), rock (R), sparse (SS) and dense (SD) seagrass and unconsolidated sediment (U) were clearly dominated by a different set of taxa (e.g., labrids in the algae, four associated gobies in the rocky habitat, *Psammecinus tubercularis* (Psmi) and *Zosterisessor ophiocephalus* (Zoop) in seagrass, and juvenile fish (gobiids and various unidentified) at bare sediments (Tab. 2). Also, all habitats were home for a number of exclusive taxa, e.g., *Anguilla anguilla* (Anan) in seagrass, various blennids and invertebrate species in the rock habi-

tat, and mollusks such as *Pecten jacobaeus* and *Hexaplex trunculus* (Hetr) in sparse *Cymodocea nodosa* and adjacent sediments. These findings are in agreement with habitat preferences calculated by Schultz *et al.* (2009) for the Novigrad Sea shallow benthos taxa. The observed habitat specific faunal assemblages were spatially stable; taxa did not exhibit different habitat associations at different sites. However, the diversity of the basic assemblages did vary among sites (Tab. 3), which was correlated with microhabitat diversity which to some extent was correlated with site variability in faunal abundance (positive in the rock habitat, negative at bare sediments). Within the Novigrad Sea rock habitat, rock size variability and the coverage with ratio of bare rocks versus rocks covered with turf and mussels may be the most important microhabitat descriptors in explaining faunal diversity variability. In sparse seagrass the most important factor may be seagrass species diversity, which in the Novigrad Sea is linked to depth. In dense seagrass patches site area coverage and density may be most important, while at bare sediments the influence of neighboring habitats (rock vs. seagrass) rather than grain size coincided with differences in faunal diversity. Faunal diversity has been reported to positively respond to a variety of rock characteristics, including: rugosity (Luckhurst & Luckhurst, 1978), turf coverage (Feireira *et al.*, 2001), coverage with habitat engineering sessile animals, e.g. mussels (Feireira *et al.*, 2001; Buschbaum *et al.*, 2008), vertical relief (Gratwicke & Spreight, 2005), and interstitial space variety (Schmude *et al.*, 1998). For the Mediterranean Sea positive relationships between rock habitat diversity and faunal diversity have been found for blennioids by Macpherson & Zika (1999) and for blennioids and other cryptobenthic fish by Patzner (1999). Blenniid diversity has been investigated in greater detail in shallow Adriatic habitats by Orlando-Bonaca & Lipej (2007) who discovered that among other microhabitat descriptors the presence/absence of turf algae and sessile invertebrates, rock size, and the precise position at boulders, all resulted in blenny assemblage variability. A study including a variety of families of rock resident crypto-benthic fish concluded that habitat choice was almost entirely based on whether rocks were covered in vegetation or bare (La Mesa *et al.*, 2006). Letourneur *et al.* (2003) found for the north-western Mediterranean that rock cover *per se* and within the rock habitat variability in rock size were most powerful in explaining fish distribution. Garcia-Charton & Ruzafa (1998, 2001) reported from the south-western Mediterranean a positive relation between habitat complexity and fish richness and abundance, with the size variability of boulders, especially the number of large boulders having the largest positive effect on richness and abundance, and Consoli *et al.* (2008) compared three rocky shores exhibiting significant differences in rock habitat complexity in the central Mediterranean where the most

complex habitat harbored the most abundant fish fauna most likely as a result of increased spatial and trophic niches.

The presence of three seagrass species as well as their high shoot densities in the Novigrad Sea is unique compared to nearby embayments less separated from the open Adriatic and less influenced by fresh water (Stiefel, 2009). Seagrass adapted search-and-attack and ambush predators, such as *A. anguilla* and *Z. ophiocephalus* benefit from this situation (Schultz *et al.*, 2009), as well as the green urchin which comprises >50% of the faunal abundance in sites with high *Zostera marina* proportions (Tab. 2). In the Novigrad Sea such elevated proportions of *Z. marina* are a sign of disturbance (Kruschel *et al.*, 2009), which may come along with taxon dominance and reduced faunal diversity (Neira *et al.*, 2007). In the Novigrad Sea the distribution of seagrass species is depth dependent and shallow *Zostera* seagrass beds support a different fauna from deep *Cymodocea* beds (Schultz *et al.*, 2009).

Two possible reasons for the observed differences in faunal diversity are that (1) deeper seagrass seems to attract a variety of invertebrates absent from shallower waters, and (2) *Zostera* beds are avoided by fish taxa such as labrids and gobiids in favor of algal and sediment habitats because of the higher risk of predation posed by the *Zostera* resident predators *A. anguilla* and *Z. ophiocephalus* (Kruschel & Schultz, 2010; Schultz & Kruschel, 2010). Algal-associated labrids such as *Symphodus ocellatus* (Syoc) and *S. cinereus* as well as the sediment-associated *Gobius niger* (Goni) are known to prefer seagrass in other locations (Wiederholm, 1987; Guidetti, 2000, 2002; Stiefel, 2009). Diversity differences in the unconsolidated sediment fauna are primarily driven by evenness rather than species richness, as the relative abundance of the most common species *G. niger* (adults and juveniles) tends to peak in abundance on sediments near rock rather than near seagrass. This distribution may be a response to the risk of predation by and/or to spatial competition with the larger and more successful predator *Z. ophiocephalus* as has been demonstrated in field and tank experiments by Schultz & Kruschel (2010) and Kruschel & Schultz (2010). Similar cases of competition- and predation-driven niche partitioning among gobiid species has been reported else-

where (Wiederholm, 1987; Schofield, 2003; Malavasi *et al.*, 2005).

CONCLUSIONS

In agreement with our prediction, the Novigrad Sea contains habitat-specific faunal assemblages, and the microhabitat diversity within four of the five basic habitats coincides with site differences in diversity of the associated faunal assemblages. Yet, only in the rock habitat may species diversity be directly linked to microhabitat niche availability. In the seagrass habitat, negative interactions between seagrass resident predators and their potential prey, and depth-related differences in seagrass microhabitat composition may be responsible for the species sorting. Similarly, taxon diversity differences among sediment sites may be a result of species competition (Gobiidae) and/or avoidance of predation in the potentially available neighboring seagrass habitat (Gobiidae and juvenile fish). Overall faunal diversity in the Novigrad Sea seems to be driven by habitat diversity, either through increased availability of spatial and resource niches or through facilitation of spatial avoidance of competitors or predators.

Protection of faunal diversity in the Novigrad Sea should therefore focus on maintenance of the mosaic-like distribution of the five basic habitats and their microhabitats. The loss of the rocky-algal habitat would likely result in a greater reduction in biodiversity than the loss of other habitats, as through shoreline development, especially the conversion of the natural sublittoral habitat to concrete seawall. The loss of deep *Cymodocea nodosa* would also result in the loss of unique biodiversity, as it comprises a unique invertebrate fauna and does not support resident predators such as *Zosterisessor ophiocephalus* or *Anguilla anguilla*. *C. nodosa* in the Novigrad Sea is threatened by competition with *Zostera* species, which are stimulated by anthropogenic disturbance (Kruschel *et al.*, 2009), and is most sensitive to increased turbidity due to its restriction to deeper areas. The loss of shallow water sediment patches, the preferred habitat of a variety of juvenile fish, e.g., through *Zostera* expansion, would likely cause a reduction in the nursery function of the Novigrad Sea, leading eventually to a reduction of fish diversity and abundance.

RAZMERJA MED PESTROSTJO VRST MAKROFAVNE IN PESTROSTJO HABITATOV V LAGUNI V OSREDNJEM HRVAŠKEM JADRANU

Claudia KRUSCHEL & Stewart T. SCHULTZ

University of Zadar, Department of Maritime Sciences, HR-23000 Zadar, M. Pavlinovica bb, Croatia

E-mail: claudia@claudiakruschel.com

POVZETEK

Popis bentoške makrofavne plitvih predelov (0–6 m) Novigradskega morja v osrednjem hrvaškem Jadranu je bil izveden v treh letnih časih 2007/08 in v okviru petih habitatnih tipov na desetih območjih. Relativno številčnost vseh identificiranih živalskih vrst v okviru petdesetih habitat x lokacija kombinacij smo obravnavali s klustersko analizo. Pokazala se je močna tendenca grupiranja habitatov, kar kaže na izredno povezanost favne z njenim prednostnim habitatom ter njuno prostorsko stabilnost. Pod-razvrščanje znotraj štirih glavnih habitatnih tipov se ujema z variabilnostjo območja v številu vrst in diverziteti. Ne glede na klustersko analizo pa lahko s habitatno diverzitetjo pojasnimo 29% favnistične diverzitetne na skalnatih lokacijah in 39% na lokacijah, redko poraslih z morskovo travo, medtem ko številčnost favne pojasni 46% favnistične diverzitetne v skalnih habitatih (pozitivna korelacija) in 32% na neutrnjenih sedimentih (negativna korelacija).

Ključne besede: pestrost habitatov, pestrost vrst, GPS, videografija, Jadransko morje

REFERENCES

- Alongi, D. M. & P. Christofferson (1992):** Benthic infauna and organisms-sediment relations in a shallow, tropical coastal area – influence of outwelled mangrove detritus and physical disturbance. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 81, 229–245.
- Bakran-Petricioli, T., O. Antonic, D. Bukovec, D. Petricioli, I. Janekovic, J. Krizan, V. Kusan & S. Dujmovic (2006)** Modelling spatial distribution of the Croatian marine benthic habitats. *Ecol. Model.*, 191(1), 96–105.
- Bell, J. D. & M. Westoby (1986a):** Abundance of macrofauna in dense seagrass is due to habitat preference, not predation. *Oecologia*, 68920, 205–209.
- Bell, J. D. & M. Westoby (1986b):** Variation in Seagrass Height and Density over a Wide Spatial Scale – Effects on Common Fish and Decapods. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 104(1–3), 275–295.
- Buschbaum, C., S. Dittman, J. Hong, I. Hwang, M. Strasser, M. Thiel, N. Valdivia & S. Yoon (2008):** Mytilid mussels: global habitat engineers in coastal sediments. *Helgol. Mar. Res.*, 63, 47–58.
- Consoli, P., T. Romeo, U. Giongrandi & F. Andaloro (2008):** Differences among fish assemblages associated with a nearshore vermetid reef and two other rocky habitats along the shores of Cape Milazzo (northern Sicily, central Mediterranean Sea). *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.*, 88(2), 401–410.
- Dauwalter, D. C., W. L. Fisher & K. C. Belt (2006):** Mapping stream habitats with a global positioning system: Accuracy, precision, and comparison with traditional methods. *Environ. Manage.*, 37(2), 271–280.
- Feireirra, C. E. L., J. E. A. Goncalves & R. Coutinho (2001):** Community structure of fishes and habitat complexity on a tropical rocky shore. *Environ. Biol. Fish.*, 61, 353–369.
- Garcia-Charton, J. A. G. & A. P. Ruzafa (1998):** Correlation between habitat structure and a rocky reef fish assemblage in the southwest Mediterranean. *P.S.Z.N.I Mar. Ecol.*, 19, 111–128.
- Garcia-Charton, J. A. G. & A. P. Ruzafa (2001):** Spatial pattern and the habitat structure of a Mediterranean rocky reef fish local assemblage. *Mar. Biol.*, 138, 917–934.
- Gratwicke, B. & M. R. Spreight (2005):** The relationship between fish species richness, abundance and habitat complexity in a range of shallow tropical marine habitats. *J. Fish Biol.*, 66, 650–667.
- Gray, C. A., R. C. Chick & D. J. McElligot (1998):** Diel Changes in Assemblages of Fishes Associated with Shallow Seagrass and Bare Sand. *Est. Coast. Shelf Sci.*, 46, 849–859.
- Guidetti, P. & S. Buscotti (2002):** Effects of seagrass canopy removal on fish in shallow Mediterranean seagrass (*Cymodocea nodosa* and *Zostera noltii*) meadows: a local-scale approach. *Mar. Ecol.*, 140, 445–453.

- Guidetti, P. (2000):** Differences Among Fish Assemblages Associated with Nearshore *Posidonia oceanica* Seagrass Beds, Rocky-algal Reefs and Unvegetated Sand Habitats in the Adriatic Sea. *Est. Coast. Shelf Sci.*, 50, 515–529.
- Hilbig, B. & J. A. Blake (2000):** Long-term analysis of polychaete-dominated benthic infaunal communities in Massachusetts Bay, USA. *Bull. Mar. Sci.*, 67(1), 147–164.
- Hindell, G. S. & G. P. Jenkins (2005):** Assessing patterns of fish zonation in temperate mangroves, with emphasis on evaluating sampling artifacts. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 290, 193–205.
- Hori, M., T. Suzuki, Y. Monthum, T. Srisombat, Y. Tanaka, M. Nakaoka & H. Mukai (2009):** High seagrass diversity and canopy-height increase associated fish diversity and abundance. *Mar. Biol.*, 156, 1447–1458.
- Horinouchi, M., Z. Nakamura & S. Mitsuhiro (2005):** Comparative analysis of visual censuses using different width strip-transects for a fish assemblage in a seagrass bed. *Est. Coast. Shelf Sci.*, 65, 53–60.
- Janeković, I., O. Antonić, J. Križan, D. Bukovec & T. Bakran-Petricioli (2006):** Modelling basic physical parameters in the Adriatic Sea as the basis for marine benthic habitats mapping. *Ecol. Model.*, 194, 62–69.
- Jayaraj, K. A., P. Sheeba, J. Jakob, C. Revichandran, P. K. Arun, K. S. Praseeda, P. A. Nisha & K. A. Rasheed (2008):** Response of infaunal macrobenthos to the sediment granulometry in a tropical continental margin-southwest coast of India. *Est. Coast. Shelf Sci.*, 77, 743–754.
- Kruschel, C. & S. T. Schultz (2010):** Lure-assisted visual census: A new method for quantifying fish abundance, behavior, and predation risk in shallow coastal habitats. *Mar. Freshw. Res.* (*In review*)
- Kruschel, C., S. T. Schultz & S. Dahlke (2009):** Evidence for seagrass competition in a Central Adriatic Croatian lagoon. *Annales, Ser. Hist. Nat.*, 19(1), 1–10.
- La Mesa, G., S. Di Muccio & M. Vacchi (2006):** Structure of a Mediterranean cryptobenthic fish community and its relationships with habitat characteristics. *Mar. Biol.*, 149, 149–167.
- Letourneur, Y., S. Ruitton & S. Sartoretto (2003):** Environmental and benthic habitat factors structuring the spatial distribution of a summer infralittoral fish assemblage in the north-western Mediterranean Sea. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 83, 193–204.
- Lingo, M. A. & S. T. Szedlmayer (2006):** The influence of habitat complexity on reef fish communities in the northeastern Gulf of Mexico. *Environ. Biol. Fish.*, 76, 71–80.
- Lipej, L., & M. Orlando-Bonaca (2006):** Assessing blenniid fish populations in the shallow Gulf of Trieste: a comparison of four in situ methods. *Period. Biol.*, 108, 151–157.
- Luckhurst, B. E. & K. Luckhurst (1978):** Analysis of the influence of substrate variables on coral reef fish communities. *Mar. Biol.*, 49, 317–323.
- Macpherson, E. & U. Zika (1999):** Temporal and spatial variability of settlement success and recruitment level in three blennoid fishes in the northwestern Mediterranean. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 182, 269–282.
- Malavasi, S., A. Franco, R. Fiorin, P. Franzo, P. Torricelli & D. Mainardi (2005):** The shallow water gobiid assemblage of the Venice Lagoon: abundance, seasonal variation and habitat partitioning. *J. Fish Biol.*, 67(Suppl. B), 146–165.
- Matić-Skoko, S., M. Peharda, A. Pallaoro, M. Cukrov & B. Baždarić (2007):** Infralittoral fish assemblages in the Zrmanja estuary, Adriatic Sea. *Acta Adriat.*, 48(1), 45–55.
- Moreno-Rueda, G., M. Pizarro, D. Ontiveros & J. M. Pleguezuelos (2009):** The coexistence of the eagles *Aquila chrysaetos* and *Hieraetus fasciatus* increases with low human population density, intermediate temperature, and high prey diversity. *Ann. Zool. Fenn.*, 46, 283–290.
- Mouillote, D. (2007):** Niche-assembly vs. dispersal-assembly rules in coastal fish metacommunities: meta-communities: implications for management of biodiversity in brackish lagoons. *J. Appl. Ecol.*, 44, 760–767.
- Nagelkerken, I., G. van der Velde, M. W. Gorissen, G. J. Meijer, T. van't Hof & C. den Hartog (2000):** Importance of mangroves, seagrass beds and the shallow coral reef as a nursery for important coral reef fishes, using a visual census technique. *Est. Coast. Shelf Sci.*, 51(1), 31–44.
- Neira, C., L. A. Levin, E. D. Grosholz & G. Mendoza (2007):** Influence of invasive *Spartina* growth stages on associated macrofaunal communities. *Biol. Invasions*, 9, 975–993.
- Norris, J. G., S. Wyllie-Echevierra, T. Mumford, A. Bailey & T. Turner (1997):** Estimating basal area coverage of subtidal seagrass beds using underwater videography. *Aquat. Bot.*, 58, 269–287.
- Orlando-Bonaca, M. & L. Lipej (2007):** Microhabitat preferences and depth distribution of combtooth blennies (Blenniidae) in the Gulf of Trieste (North Adriatic Sea). *Mar. Ecol.*, 28, 418–428.
- Patzner, R. A. (1999):** Habitat utilization and depth distribution of small cryptobenthic fishes (Blenniidae, Gobiidae, Tripterygiidae) in Ibiza (western Mediterranean Sea). *Environ. Biol. Fish.*, 55, 207–214.
- Rosenberg, R., S. Agrenius, B. Hellman, H. C. Nilsson & K. Norling (2002):** Recovery of marine benthic habitats and fauna in a Swedish fjord following improved oxygen conditions. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 234, 43–53.
- Rutzler, K., M. C. Diaz, R. W. M. van Soest, S. Zea, K. P. Smith, B. Alvarez & J. Wulff (2000):** Diversity of sponge fauna in mangrove ponds, Pelicane bay, Belize. *Atoll Res. Bull.*, 476, 231–248.

- Schmude, K., M. J. Jennings, K. Otis & R. R. Piette (1998):** Effects of habitat complexity on macroinvertebrate colonization of artificial substrates in north temperate lakes. *J. N. Am. Benthol. Soc.*, 17(1), 73–80.
- Schofield, P. (2003):** Predation vulnerability of two gobies (*Microgobius gulosus*; *Gobiosoma robustum*) is not related to presence of seagrass. *Fla. Sci.*, 68(1), 25–34.
- Schultz, S. T. & C. Kruschel (2010a):** Frequency and success of ambush and chase predation in fish assemblages associated with seagrass and bare sediment in an Adriatic lagoon. *Hydrobiologia*, 649, 25–37.
- Schultz, S. T. (2008):** Seagrass monitoring by underwater videography: Disturbance regimes, sampling design, and statistical power. *Aquat. Bot.*, 33, 228–238.
- Schultz, S. T., C. Kruschel & T. Bakran-Petricioli (2009):** Influence of seagrass meadows on predator-prey habitat segregation in an Adriatic lagoon. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 374, 85–99.
- Sciberras, M., M. Rizzo, J. R. Mifsud, K. Camilleri, A. Borg, E. Lanfranco & P. J. Schembri (2009):** Habitat structure and biological characteristics of a maerl bed off the northeastern coast of the Maltese Islands (central Mediterranean). *Mar. Biodiversity*, 39, 251–264.
- Sinovič, G., M. Franičević & V. Čikeš Keč (2004):** Unusual occurrence and some aspects of biology of juvenile gilt sardine (*Sardinella aurita* Valenciennes, 1847) in the Zrmanja River estuary (eastern Adriatic). *Appl. Ichthyol.*, 20, 53–57.
- Sirota, L. & K. A. Hovel (2006):** Simulated eelgrass *Zostera marina* structural complexity: effects of shoot length shoot density, and surface area on the epifaunal community of San Diego Bay, California, USA. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 326, 115–131.
- Stiefel, J. (2009):** Faunal communities of shallow benthic habitats in the Croatian Adriatic. B.Sc. Thesis. Ernst-Moritz-Arndt-University Greifswald, Germany.
- UNEP (1998):** Annex I and II. Draft classification of marine habitat types for the Mediterranean region. WG. 149/3. Mediterranean action plan. Meeting of experts on marine habitat types in the Mediterranean region, SPA/RAC, Tunis.
- Wiederholm, A. (1987):** Habitat selection and interactions between three marine fish species (Gobiidae). *Oikos*, 48, 28–32.
- Wilson, J. B. (1999):** Guilds, functional types and ecological groups. *Oikos*, 86, 507–522.
- Ziv, Y. (1998):** The effect of habitat heterogeneity on species diversity patterns: a community-level approach using an object-oriented landscape simulation model (SHALOM). *Ecol. Model.*, 111, 135–170.

Saggio scientifico originale
Ricevuto: 2009-05-12

UDC 595.14:591.131.1(262)

PRIME OSSERVAZIONI SULLA PREDAZIONE OPPORTUNISTICA DEL "VERMOCANE" *HERMODICE CARUNCULATA* (PALLAS, 1766), AI DANNI DELLA PICCOLA PESCA ARTIGIANALE NELLE ACQUE DI LAMPEDUSA (IS. PELAGIE)

Antonio CELONA

Aquastudio Research Institute, I-98121 Messina, Via Trapani 6, Italia
NECTON Marine Research Society, I-95100 Catania, Via A. De Gasperi 187, Italia
E-mail: info.necton@email.it

Giorgia COMPARETTO

NECTON Marine Research Society, I-95100 Catania, Via A. De Gasperi 187, Italia
E-mail: giorgia.comparetto@hotmail.it

SINTESI

*Vengono raccolte le prime osservazione sull'attività di predazione del polichete *Hermodice carunculata* a spese di alcune specie commerciali pescate con le reti da posta tramaglio e monoparete nelle acque di Lampedusa. *H. carunculata* preda in particolare la triglia di scoglio, *Mullus surmuletus*, il sarago fasciato, *Diplodus vulgaris*, la musdea, *Phycis phycis*, il dentice, *Dentex dentex* e la corvina, *Sciaena umbra*. Tale attività predatoria crea notevoli problemi economici alla piccola pesca artigianale dell'isola.*

Parole chiave: predazione opportunistica, specie saprofaghe, *Hermodice carunculata*, Lampedusa, mare Mediterraneo, reti da posta

FIRST OBSERVATIONS ON PREDATION OF "FIRE WORM" *HERMODICE CARUNCULATA* (PALLAS, 1766) AND ITS EFFECTS ON ARTISANAL FISHING IN LAMPEDUSA WATERS (PELAGIE ARCHIPELAGO)

ABSTRACT

*The article presents the first observations on predation of polychaeta fire worm, *Hermodice carunculata* on some commercial species caught with gill nets and trammel nets in Lampedusa waters. *H. carunculata* preys in particular the red mullet, *Mullus surmuletus*, the bream, *Diplodus vulgaris*, the larger forkbeard, *Phycis phycis*, the common dentex, *Dentex dentex* and the brown meagre, *Sciaena umbra*. Such predation activity creates considerable economic problems to the artisanal fishing in these waters.*

Key words: opportunistic predation, scavenger species, *Hermodice carunculata*, Lampedusa, Mediterranean Sea, gill nets

INTRODUZIONE

Hermodice carunculata (Pallas, 1766) è un polichete appartenente alla famiglia degli Amphinomidæ che può superare i 30 cm di lunghezza. E' una specie presente in tutti i Mari e gli Oceani temperati e caldi del globo, nel Mediterraneo è diffuso maggiormente nella parte meridionale ed orientale del bacino. Il corpo è allungato con numerosi segmenti. E' caratterizzato da setole silicee uncinato molto fragili che, se sfiorate, si rompono con estrema facilità e penetrando nella cute provocano forti bruciori e gonfiori. La colorazione è verde bruno nella parte dorsale, le setole sono bianche mentre le branchie sono rosse. E' un predatore molto vorace, si ciba di poche specie di gasteropodi e di animali morti che trova sul fondale, sembra sia l'unico animale a cibarsi dei tessuti delle gorgonie e in particolare di *Paramuricea clavata* (Vreeland & Lasker, 1989).

H. carunculata vive sui fondali duri, di giorno si nasconde tra gli anfratti mentre nelle ore notturne esce alla ricerca di prede (Fig. 1). In alcune aree tropicali, *H. carunculata* rappresenta un flagello per alcune specie di madrepora che costituiscono le barriere coralline, poiché si ciba dei polipi di queste (Vreeland & Lasker, 1989; Lewis & Crooks, 1996). Nelle acque dei Caraibi, area nella quale è maggiormente studiata la specie in oggetto, la madrepora maggiormente colpita è la specie *Millipora complanata*, per la quale *H. carunculata* rappresenta una vera e propria calamità (Witman, 1988).

Fino ad ora non esistono pubblicazioni o citazioni bibliografiche su questa specie di polichete, in merito al fenomeno della predazione opportunistica a spese del pescato commerciale. Questo fatto ci ha spinto ad affrontare il problema cercando di comprendere quale sia il reale danno e soprattutto quali siano le specie maggiormente colpite. Paradossalmente le specie che più di altre "attirano" il polichete sono quelle che per i pesca-

tori rappresentano la maggiore fonte di reddito, tale fenomeno dunque causa notevoli problemi di carattere economico all'attività di pesca artigianale dell'isola.

Sono state raccolte inoltre informazioni anche in altre marinerie Siciliane ma in nessuna di questa è stato segnalato tale fenomeno. Pertanto si è cercato di individuare i motivi che innescano questo fenomeno allo scopo di aiutare i pescatori dell'isola. Lo scopo del presente lavoro è di fornire le prime osservazioni riguardo la predazione di *H. carunculata* a scapito della piccola pesca artigianale nelle acque di Lampedusa.

MATERIALI E METODI

Il compartimento marittimo di Lampedusa è costituito da novantuno imbarcazioni di cui soltanto un'opera stabilmente sull'isola di Linosa. La flotta è rappresentata da imbarcazioni medio-piccole che praticano la pesca ravvicinata. Dai dati relativi agli attrezzi in licenza, la lenza è quello maggiormente rappresentato con una percentuale del 25%; stesso valore per i palangari seguiti da strascico (17%) e reti da posta (17%). Seguono le reti a circuizione presenti con una percentuale del 10%; le nasse con il 5% e le reti derivanti con l'1% (Celona & Comparetto, 2009a).

Nel periodo compreso tra settembre 2007 e ottobre 2008, nel corso di alcune osservazioni effettuate a bordo d'imbarcazioni impegnate nell'attività di pesca con le reti da posta "monoparete" e "tramaglio" nelle acque di Lampedusa abbiamo avuto modo di osservare che molti dei pesci catturati con le reti erano danneggiati notevolmente ed emanavano uno sgradevole odore, al punto di non essere commerciabili. La regolarità con la quale si verificava il danno ci ha spinti a concentrarci sul problema. Sin dalla comunicazione verbale dei pescatori è emersa la gravità del problema ed infatti, da una prima analisi delle informazioni, ci si è resi conto che il danno



Fig. 1: *Hermodice carunculata*, gentilmente concessa da Dott. Anthony R. Picciolo, NOAA-NODC.

Sl. 1: *Hermodice carunculata*, objavljeno z dovoljenjem Dr. Anthonyja R. Picciola, NOAA-NODC.



Fig. 2: *Dentex dentex* e altri pesci ammagliati, ricoperti da *H. carunculata*.

Sl. 2: *Dentex dentex* in druge ribe, užete z zabodnimi mrežami in prekrite s *H. carunculata*.

riguardava principalmente alcune specie, peraltro quelle di maggior pregio come ad esempio *Dentex dentex* (Fig. 2).

A tale proposito sono state raccolte informazioni sulle specie in maggior misura predate, sulle dimensioni (lunghezza totale – LT, lunghezza standard – LS), sul peso sia per individui commerciali che danneggiati dall'azione di *H. carunculata*, l'attrezzo con il quale si registrava maggiormente il danno ed i periodi più interessati da tale fenomeno. Nel corso del monitoraggio, al fine di comprendere se ci fossero delle differenze nella predazione legate alla profondità o alla tipologia del fondale, sono stati raccolti dati in aree di pesca diverse: Secca di Levante, Ponente, Porto e Taccio vecchio (Fig. 3).

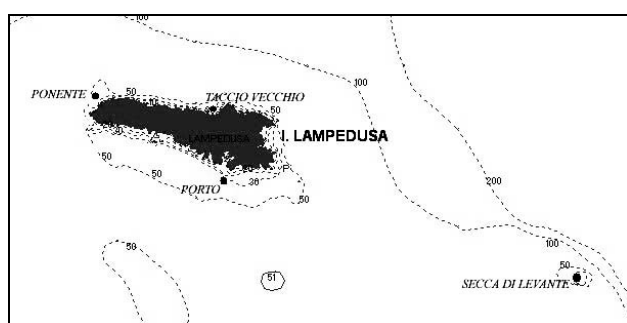


Fig. 3: Punti di cala del tramaglio: Secca di Levante, Porto, Taccio vecchio e Ponente.

Sl. 3: Točke postavitve trislojne mreže: Secca di Levante, Porto, Taccio vecchio in Ponente.

Tab. 1: Dati inerenti alle specie bentoniche maggiormente predate da *H. carunculata*.

Tab. 1: Podatki o pridnjenih ribah, najpogostejšem plenu *H. carunculata*.

Specie	Totale (n°=22)		Commerciale					Danneggiato da <i>Hermodice carunculata</i>				
	n°	Peso (g)	n°	Peso Totale (g)	LT ± SD (cm)	LS ± SD (cm)	Peso medio (g)	n°	Peso Totale (g)	LT ± SD (cm)	LS ± SD (cm)	Peso medio (g)
<i>Dentex dentex</i>	30	22905	17	157762	34,6 ± 6,8	28,6 ± 5,3	876 ± 1557	13	7173	35,2 ± 8,7	28,1 ± 6,7	510 ± 403
<i>Diplodus vulgaris</i>	54	6624	34	4136	20,1 ± 3,0	16,0 ± 2,4	122 ± 56	20	2488	20,2 ± 2,6	16,0 ± 1,9	115 ± 52
<i>Phycis phycis</i>	9	3052	6	2202	32,8 ± 5,3	29,8 ± 5,0	367 ± 191	3	850	n.d.	n.d.	425 ± 35
<i>Mullus surmuletus</i>	47	7138	27	4201	22,5 ± 4,3	18,6 ± 3,1	156 ± 88	20	2937	25,0 ± 4,9	20,7 ± 4,0	147 ± 69
<i>Sciaen umbra</i>	14	5076	11	4274	31,4 ± 3,9	26,1 ± 3,8	356 ± 139	3	802	32,75 ± 4,6	25,8 ± 5,5	267 ± 153
<i>Scorpaena scrofa</i>	163	62794	146	58810	27,5 ± 6,6	22,1 ± 5,3	395 ± 292	17	3984	24,6 ± 5,1	20,1 ± 4,2	234 ± 132
<i>Scorpaena porcus</i>	48	8995	36	7579	22,6 ± 3,0	18,2 ± 2,1	205 ± 80	12	1416	19,9 ± 3,6	16,2 ± 3,1	118 ± 56
<i>Dactylopterus volitans</i>	291	84008	214	66218	31,9 ± 6,2	26,2 ± 5,2	309 ± 193	77	17590	29,4 ± 5,0	23,9 ± 4,0	228 ± 146

Nel corso della raccolta dati sono state prese in considerazione le quantità di pesce civetta *Dactylopterus volitans* pescati. Tale specie, infatti, non avendo alcun valore commerciale viene, nella maggior parte dei casi, rigettata in mare morto.

RISULTATI

Nella Figura 4 si osserva come il danno maggiore si verifica a carico delle specie bentoniche. Tali specie, con un peso complessivo di 200592 g, rappresentano il 59% del pescato totale. In particolare: *Mullus surmuletus* con una percentuale del pesce danneggiato pari al 41%, *Diplodus vulgaris* presenta un danno pari al 38%, *D. dentex* il 31% di danno, *Phycis phycis* con il 28% di pescato danneggiato e infine *Sciaena umbra* con un danno pari al 16%.

Sebbene in misura minore vengono danneggiate anche altre specie come: scorfano rosso (*Scorpaena scrofa*), scorfano nero (*Scorpaena porcus*) e pesce civetta (*D. volitans*), che pur rimanendo ammagliati in una porzione ancora più prossima al fondale e quindi più comodi da essere raggiunti dal polichete, sono caratterizzate da corporatura abbastanza robusta, coperta da grosse scaglie e soprattutto riescono a sopravvivere anche se immobilizzati dalla rete per molto tempo. In conseguenza di ciò tali specie non costituiscono uno stimolo chemio tropico per il predatore.

In Tabella 1 sono riportati i dati dell'analisi. Dal confronto dei dati raccolti nel corso delle cale delle due tipologie di attrezzo da posta considerato, emerge che nella quasi totalità dei casi, l'attività predatoria si svolge a carico delle specie pescate con il "tramaglio". A parer nostro, su quest'attrezzo, tale fenomeno è più significativo poiché da una valutazione dei tempi di permanenza sul fondo questa rete ha dei tempi alquanto lunghi (circa 12 ore) e quindi, *H. carunculata* ha il tempo di percepire gli "odori" emanati dalla preda morta e di avvicinarsi al pesce ammagliato risalendo la rete.

A conferma delle considerazioni precedenti la rete "monoparete" non presenta lo stesso fenomeno in quanto viene tenuta in mare per periodi che variano da 1 a 2,5 ore, tempi ritenuti troppo brevi perché si possa creare una "scia odorosa" rilasciata dai pesci morti, in grado di richiamare *H. carunculata*.

In base alle osservazioni effettuate la spiegazione è riconducibile al fatto che tali specie rimanendo ammagliate nella parte bassa della rete (quindi prossime al fondale) sono più facilmente predabili. Inoltre tali specie, una volta ammagliate, riescono a sopravvivere nella rete per periodi di tempo relativamente brevi. Le carni di queste specie, essendo particolarmente delicate, favori-

scono un rapido innesco dei processi di decomposizione permettendo al polichete una veloce percezione della presenza della preda.

Per quanto riguarda le aree di pesca considerate, il fenomeno si è manifestato regolarmente in quelle denominate Secca di Levante, Ponente e Porto Vecchio, mentre è risultato minore nell'area di cala chiamata Taccio Vecchio. Analizzando i dati raccolti emerge come, infatti, a Taccio Vecchio solo il 7% del pescato è risultato danneggiato dall'azione di *H. carunculata* a differenza delle altre aree dove la percentuale è stata maggiore (14% nella zona Porto e 15% per ciò che concerne nelle aree Ponente e Secca di Levante). In prima analisi non sono comprensibili quali possano essere le cause di tali differenze ma appare certo che in quest'area, la predazione da parte di *H. carunculata* sia nettamente inferiore rispetto a quanto registrato nelle altre "cale" (Fig. 5).

Analizzando i dati sui *D. volitans* catturati e ributtati in mare è stato notato che nella zona chiamata "Taccio Vecchio" la quantità di pesci civetta pescati e quindi ributtati in mare al termine di ogni cala, era davvero minima (5–10 individui/cala) contro 80–150 individui/cala e più delle altre tre aree.

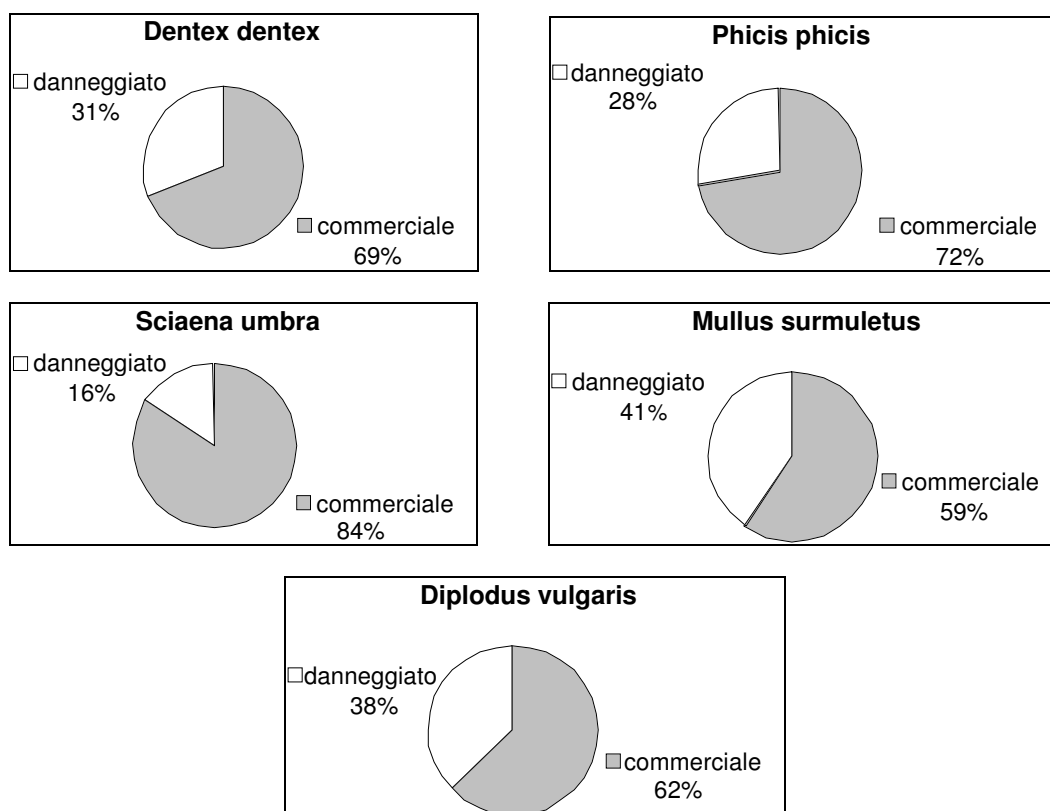


Fig. 4: Percentuali del pescato danneggiato e commerciale.
Sl. 4: Odstotek poškodovanih in komercialnih rib.

DISCUSSIONE

La modificazione dell'attività di predazione di questo polichete ha, a nostro giudizio, un'origine sicuramente antropica, anche se causata in maniera del tutto involontaria da parte degli addetti alla pesca, i quali, non possono immaginare che probabilmente, la continua immissione di pesce morto negli stessi punti di cala possa innescare fenomeni attrattivi di questa rilevanza. Infatti, nelle acque di Lampedusa vengono pescate notevoli quantità di pesci civetta *D. volitans* che in quest'area non hanno alcun valore commerciale e che quindi vengono buttati in mare morti (Celona & Comparetto, 2009b). Una grande quantità di pesce morto sui fondali rappresenta certamente una fonte attrattiva per il raduno di specie dalle spiccate abitudini saprofaghe, le quali con buone probabilità utilizzano le stesse aree per riprodursi, aree in cui i pescatori, successivamente caleranno i loro attrezzi. Pertanto quando i pesci ormai morti o agonizzanti poiché ammagliati nelle reti, *H. carunculata* si trova in una condizione ottimale per aggredirli con estrema facilità. In principio si credeva che le differenti percentuali di danno tra le cale fossero attribuibili alle diverse profondità delle aree di pesca ma successivamente, dopo un'analisi più accurata delle batimetriche, ci si è resi conto che in tutte le zone

considerate, le profondità erano sempre comprese tra 30 e 50 metri.

Tale teoria ha ricevuto conferma quando si è avuto modo di osservare che il fenomeno era costante in tre delle quattro aree scelte per calare le reti, mentre nella quarta appariva discontinuo. Le aree coincidevano con i dati raccolti sui *D. volitans* catturati e ributtati in mare. Infatti, nell'area di pesca chiamata Taccio Vecchio la percentuale di *D. volitans* gettati in mare (circa 3%) era inferiore alla percentuale nelle altre tre aree considerate, dove invece si registra una maggiore attività predatoria da parte di *H. carunculata*.

L'azione di questa particolare specie di polichete rappresenta un ulteriore problema per la già estremamente fragile economia della pesca lampedusana, caratterizzata da una flotta costituita da imbarcazioni di piccola stazza, vecchie e malamente motorizzate, e già vessata da problemi quali l'elevato costo del carburante, i bassi costi del pescato, la competizione con la pesca a strascico e la mancanza di un porto adeguato (Celona & Comparetto, 2009a). E' auspicabile dare inizio nel più breve tempo possibile ad uno studio a medio/lungo termine sulla specie in oggetto, allo scopo di comprendere meglio le cause che provocano il fenomeno ed individuare i possibili rimedi.

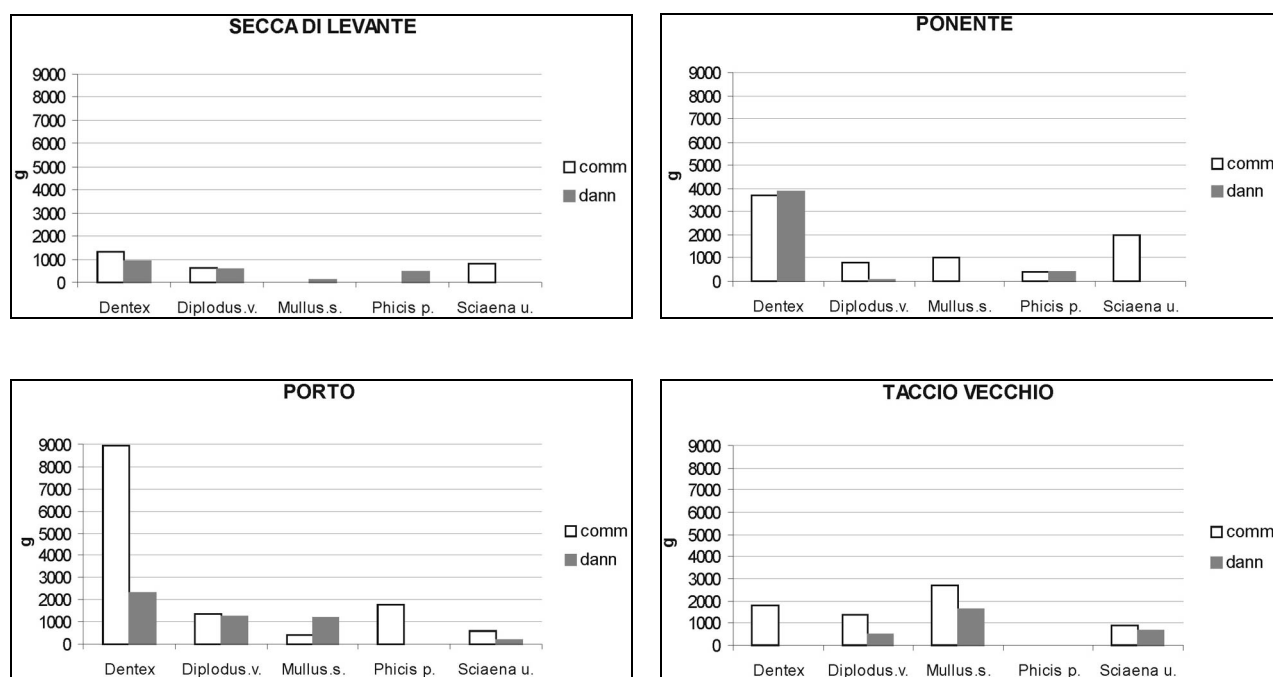


Fig. 5: Quantità del pescato commerciale e danneggiato (in grammi) nelle cale: Secca di Levante, Ponente, Porto e Taccio vecchio.

Sl. 5: Količina komercialnih in poškodovanih rib (v gramih) na točkah: Secca di Levante.

RINGRAZIAMENTI

Gli autori desiderano ringraziare il personale della Capitaneria di Porto e della Guardia di Finanza di Lampedusa, i pescatori che hanno collaborato alla nostra ricerca: Giovanni Bolino, Sarino Palmisano, Vincenzo

Palmisano, Damiano e Francesco Rizzitelli. Ringraziamo inoltre il Dott. Anthony R. Picciolo per la foto di *Hermodice carunculata*. Ed un particolare ringraziamento lo riserviamo a Don Pino Brignone emblematica figura di Lampedusa, proprietario dello storico "Bar dell'amicizia".

PRVA OPAŽANJA PREDACIJE OGNJENEGA ČRVA *HERMODICE CARUNCULATA*
(PALLAS, 1766) IN VPLIVOV NA OBRTNIŠKI RIBOLOV V VODAH LAMPEDUZE
(OTOČJE PELAGIE)

Antonio CELONA

Aquastudio Research Institute, I-98121 Messina, Via Trapani 6, Italia
NECTON Marine Research Society, I-95100 Catania, Via A. De Gasperi 187, Italia
E-mail: info.necton@email.it

Giorgia COMPARETTO

NECTON Marine Research Society, I-95100 Catania, Via A. De Gasperi 187, Italia
E-mail: giorgia.comparetto@hotmail.it

POVZETEK

Članek predstavlja prva opažanja predacije ognjenega črva *Hermodice carunculata* na nekatere komercialne vrste, ujete z zabodno in trislojno mrežo v vodah Lampeduze. Plen *H. carunculata* so zlasti progasti bradač, *Mullus surmuletus*, *frater*, *Diplodus vulgaris*, *tabinja*, *Phycis phycis*, *zobatec*, *Dentex dentex* in kaval, *Sciaena umbra*. Takšno predatorstvo povzroča resne gospodarske težave obrtniškemu ribolovu v teh vodah.

Ključne besede: oportunistično predatorstvo, mrhovinarji, *Hermodice carunculata*, Lampeduza, Sredozemsko morje, zabodne mreže

BIBLIOGRAFIA

Celona, A. & G. Comparetto (2009a): Indagine sull'attività di pesca nell'Arcipelago delle Pelagie. Boll. Mus. Civ. Stor. Nat. Venezia, 60, 113–120
Celona, A. & G. Comparetto (2009b): Analisi morfometrica dei pesci civetta, *Dactylopterus volitans* (Linnaeus, 1758) pescati nelle acque di Lampedusa (Is. Pelagie). *Thalassia Salentina*. (In pubblicazione)

Lewis, J. B. & R. E. Crooks (1996): Foraging cycles of the amphynomid polychaete *Hermodice carunculata*, preying on the calcareous hydrozoan *Millepora complanata*. Bull. Mar. Sci., 58(3), 853–856.

Vreeland, H. V. & H. R. Lasker (1989): Selective feeding of the polychaete *Hermodice carunculata* Pallas on Caribbean gorgonians. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 129(3), 256–277.

Witman, J. D. (1988): Effect of predation by the fire-worm *Hermodice carunculata* on milleporid hydrocorals. Bull. Mar. Sci., 42(3), 446–458.

Original scientific article
Received: 2010-03-23

UDC 595.384.2:591.9(262).3

NEW RECORD OF THE BLUE CRAB, *CALLINECTES SAPIDUS* RATHBUN, 1896, (DECAPODA: BRACHYURA) IN THE ADRIATIC SEA

Jakov DULČIĆ & Branko DRAGIČEVIĆ

Institute of Oceanography and Fisheries, HR-21000 Split, P.O. BOX 500, Croatia

Lovrenc LIPEJ

Marine Biology Station, National Institute of Biology, SI-6330 Piran, Fornače 41, Slovenia

E-mail: lipej@mbss.org

ABSTRACT

*Authors are reporting on the new record of the blue crab *Callinectes sapidus* in the Adriatic Sea. The specimen was found at the mouth of the river Neretva in November 2009. From the very first record of this species, dating from 1949, another 12 records of the species have been detected in the Adriatic Sea. The majority of sites where the blue crab was found are coastal lagoons.*

Key words: blue crab, *Callinectes sapidus*, Decapoda, non-indigenous species, Adriatic Sea

NUOVA SEGNALEZIONE DI GRANCHIO BLU, *CALLINECTES SAPIDUS* RATHBUN, 1896, (DECAPODA: BRACHYURA) IN MARE ADRIATICO

SINTESI

*Gli autori riportano una nuova segnalazione di Granchio blu, *Callinectes sapidus*, in mare Adriatico. L'esemplare di granchio è stato trovato nella foce del fiume Neretva nel novembre del 2009. Dalla prima segnalazione della specie, che risale al 1949, il Granchio blu è stato trovato altre dodici volte nel mare Adriatico. Le lagune costiere rappresentano la maggioranza dei siti, dove la specie è stata trovata in Adriatico.*

Parole chiave: Granchio blu, *Callinectes sapidus*, Decapoda, specie non indigena, mare Adriatico

INTRODUCTION

Blue crab *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896, is a portunid crab, occurring off the western Atlantic coast of America from Nova Scotia to Argentina. It is generally found over muddy and sandy bottoms. This species is characterized by sexual dimorphism in adults with the males having blue fingers and females orange or reddish

ones. The first occurrence of this species in the Adriatic Sea dates back to 1949, when the blue crab was reported in Grado (northern Adriatic Sea) by Giordani Soika (1951).

Nowadays, the species has been confirmed in different parts of the eastern Mediterranean Sea, namely the Adriatic Sea as well as the Aegean Sea (Koukoras *et al.*, 1992), in waters off Turkey (Enzenrob *et al.*, 1997; Atar &

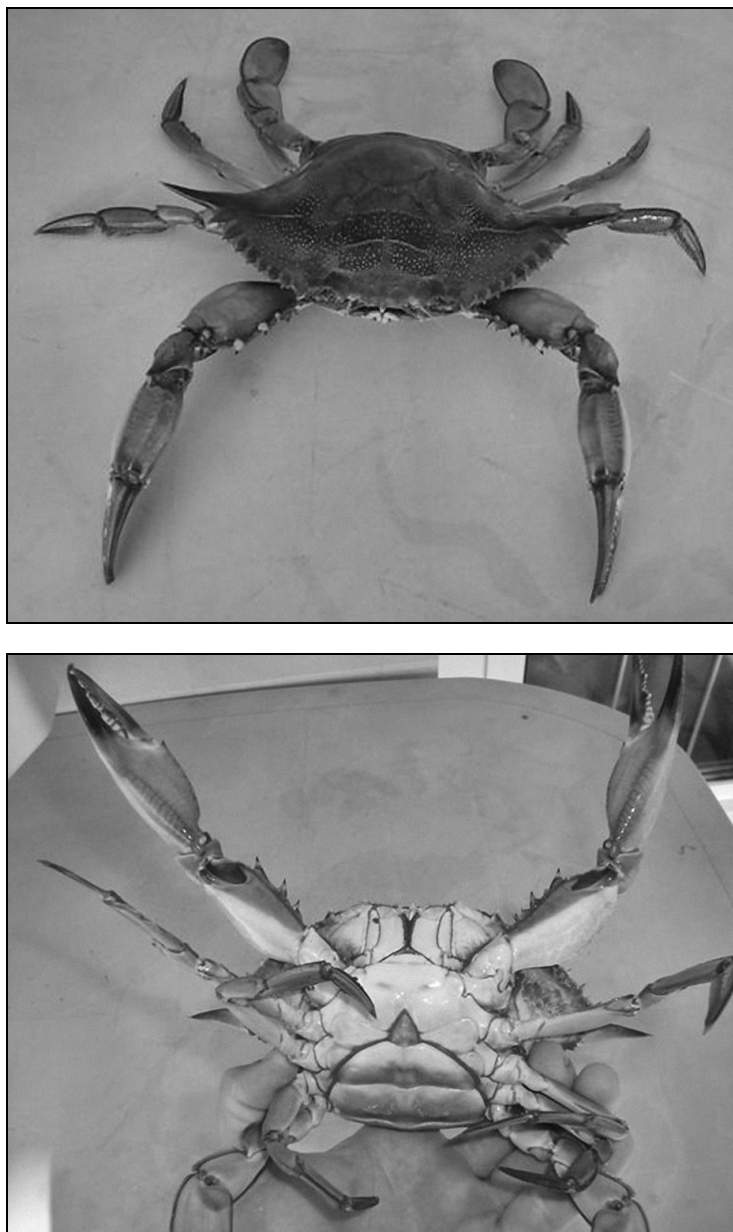


Fig. 1: A specimen of the blue crab *Callinectes sapidus* caught in November 2009 at the mouth of the river Neretva (south-eastern Adriatic Sea), photographed from the dorsal (above) and ventral sides (below). (Photo: P. Dugandžić)

Sl. 1: Primerek modre rakovice *Callinectes sapidus*, ujeta novembra 2009 v ustju reke Neretve (jugovzhodni del Jadranskega morja), fotografiran s hrbtne (zgoraj) in trebušne strani (spodaj). (Foto: P. Dugandžić)

Seçer, 2003), Lebanon (Shiber, 1981), Israel (Holthuis & Gottlieb, 1955) and Egypt (Abdel-Razec, 1987) and the Black Sea (Monin, 1984), and in the western Mediterranean in the Gulf of Genova (Tortonese, 1965) and in waters off Sicily (see Gennaio *et al.*, 2006 for references).

In this report we are dealing with the record of the blue crab in the southern part of the eastern Adriatic Sea. Since the blue crab is reported amongst the most aggressive alien species in the Mediterranean, new information of this non-indigenous species is worth to be published in order to understand the species expansion in the new environment.

MATERIAL AND METHODS

On 25th November 2009, a female of the blue crab was found at the mouth of the stream Norin that flows into the river Neretva, on muddy bottom at the depth of 4 m (Fig. 1). The carapace length (CL) and carapace width (CW) of the specimen were measured to the nearest millimetre, the specimen was weighed with digital balance. The specimen was subsequently photographed and is now housed in a private collection.

RESULTS AND DISCUSSION

The specimen measured 210 mm of carapace width and 105.0 mm of carapace length. The measured body weight was 504 g. According to the classification of Harding (2003), who divided crabs in three size groups (small – CW < 80 mm, medium – CW 80 – 120 mm and large CW > 120 mm), our specimen should be considered as a large one.

At least 8 species of alien crabs were up to date recorded in the Adriatic Sea (Kirinčić & Števčić, 2008) (Tab. 1, Fig. 2). Among them are two species of the genus *Callinectes*, *C. sapidus* and *C. danae* (Mizzan, 1993). In the eastern part of the Adriatic Sea the blue crab was first reported in October 2004, when four specimens were caught near Ston (south-eastern Adriatic) in a hypersaline lagoon at the depth of 0.5 m (Onofri *et al.*, 2008). In the same area the species was recorded in two additional cases in 2004 and 2006. An additional report of the blue crab is known from the Lagoon of Patok in Albania (Beqiraj & Kashta, 2010). Authors are considering the species to be an established one, since the species was regularly caught in the la-

goon in 2009 and due to the presence of ovigerous females and juveniles.

The reports of the blue crab occurrence in the Adriatic are mainly limited to the southern part of the Adriatic Sea. Only few reports are dealing with the finding of this species in the northern Adriatic, reporting sites such as Grado, the Lagoon of Venice and the waters of Ravenna (Tab. 1, Fig. 2). The majority of sites where the blue crab has been recorded are lagoons. Together with river mouths where blue crabs were found in few cases they could be described from bionomical point of view as euryhaline and eurythermal biocenosis. Low numbers of species, living in this biocenosis, are able to withstand the great variations of salinity and temperature (Bellan-Santini *et al.*, 2002). In such unstable environments, non-indigenous species might take advantage to settle down.

In certain Mediterranean areas such as the coast of Turkey, the importance of commercial and recreational fishing of the blue crab increased substantially (Atar & Secer, 2003). In the Adriatic localities, the blue crab was recorded only in a single or few specimens. Only in the Lagoon of Patok in Albania, the blue crab is already present in high densities (Beqiraj & Kashta, 2010) and triggers the attention of local fishermen.

The present record of *C. sapidus* from the Neretva river area could give some reasons for the conclusion that this species established a population in the area, since several specimens were found and registered in scientific literature (Onofri *et al.*, 2008) at different times and at different locations (in and around the river Neretva area) in the last few years. In addition to that, several specimens were observed by local fishermen who support the conclusion that the population could have already been established in the new environment. In any event, the impact of a possibly successful colonization by this exotic species would, at least, represent a possible change in the composition of the native fauna. Blue crabs feed on various crustaceans, molluscs, fish detritus, and other blue crabs. They are characterized as opportunistic benthic omnivores (in Onofri *et al.*, 2008). Its strong swimming capability, high fecundity, and its aggressiveness, imply that such colonization might have significant effects on the existing local communities. On the other side, it might well become a candidate for a target species in commercial fishery (in Onofri *et al.*, 2008).

Tab. 1: Localities in the Adriatic and Ionian Sea, where the blue crab *Callinectes sapidus* was up to date confirmed, listed in chronological order.

Tab. 1: Lokalitete v Jadranskem in Jonskem morju, na katerih je bila ugotovljena vrsta morske rakovice *Callinectes sapidus*, razvrščene v časovnem zaporedju.

N	Site	Area	Abundance	Date	Source
1	Grado	Northern Adriatic	1	4 Oct 1949	Giordani Soika, 1951
2	Lagoon of Venice	Northern Adriatic	1	8 Oct 1950	Giordani Soika, 1951
3	Lagoon of Venice	Lagoon of Venice	1	6 Oct 1991	Mizzan, 1993, 1999
4	Lagoon of Venice	Lagoon of Venice	1	13 Oct 1992	Mizzan, 1993, 1999
5	Mouth of river Neretva	Southern Adriatic	1	1 Oct 2004	Onofri <i>et al.</i> , 2008
6	Ston	Southern Adriatic	4	15 Oct 2004	Onofri <i>et al.</i> , 2008
8	Ugento ponds, Lecce	Ionian Sea	5	Jul–Oct 2004	Gennaio <i>et al.</i> , 2010
7	Mouth of river Neretva	Southern Adriatic	1	6 Dec 2006	Onofri <i>et al.</i> , 2008
9	Ravenna	Northern Adriatic	1	12 Mar 2007	Scaravelli & Mordenti, 2007
10	Lesina Lake	Southern Adriatic	5	Jun–Oct 2007	Florio <i>et al.</i> , 2008
11	Varano Lake	Southern Adriatic	2	?	Florio <i>et al.</i> , 2008
12	Lagoon of Patok	Southern Adriatic	12	11–29 Oct 2009	Beqiraj & Kashta, 2010
13	Mouth of river Neretva	Southern Adriatic	1	25 Nov 2009	This work

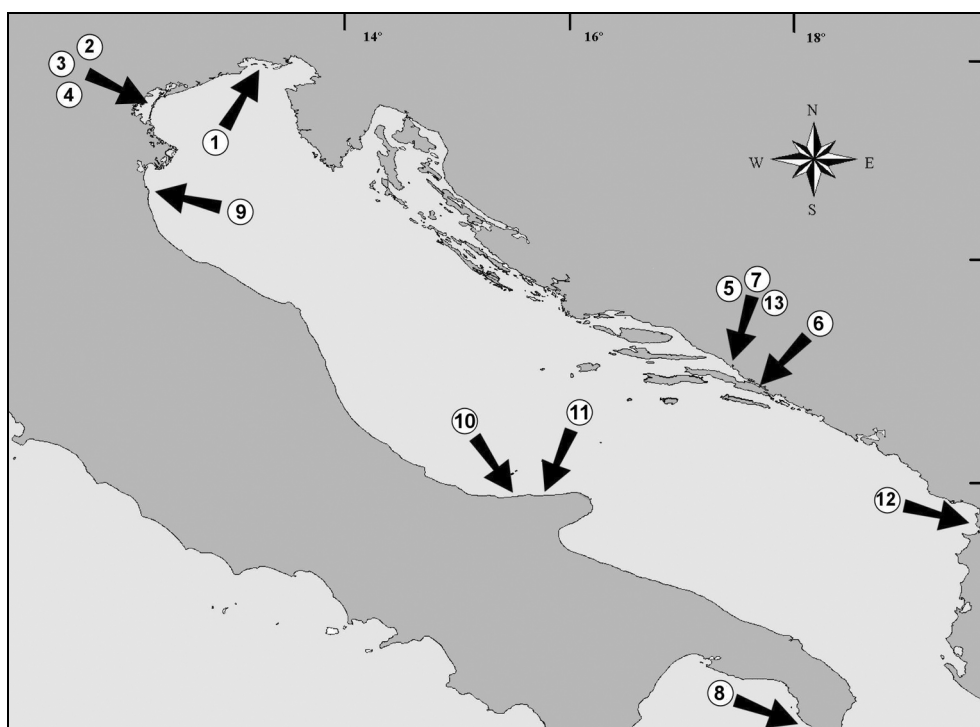


Fig. 2: Sites, where *C. sapidus* was up to date recorded in the Adriatic and Ionian Sea (site 8). See Table 1 for explanation.

Sl. 2: Lokalitete v Jadranskem in Jonskem morju (lokaliteta 8), na katerih je bila ugotovljena modra rakovica *C. sapidus*. Glej Tabelo 1 za razlago.

ACKNOWLEDGMENTS

Authors wish to express their gratitude to Mr. Perica Dugandžić, who provided the blue crab specimen to us.

NOVA NAJDBA MODRE RAKOVICE, *CALLINECTES SAPIDUS* RATHBUN, 1896, (DECAPODA: BRACHYURA) V JADRANSKEM MORJU

Jakov DULČIĆ & Branko DRAGIČEVIĆ

Institute of Oceanography and Fisheries, HR-21000 Split, P.O. BOX 500, Croatia

Lovrenc LIPEJ

Morska biološka postaja, Nacionalni inštitut za biologijo, SI-6330 Piran, Fornače 41, Slovenija

E-mail: lipej@mbss.org

POVZETEK

Avtorji poročajo o novi najdbi modre rakovice *Callinectes sapidus*, ki je tujerodna vrsta v Jadranskem morju. Osebek te vrste je bil ujet na ustju reke Neretve v novembru 2009. Od prvega zapisa o najdbi te vrste, ki sega v leto 1949, je bila vrsta do danes ugotovljena še v 12 primerih. V večini primerov so bile modre rakovice najdene v obrežnih lagunah, ki jih uvrščamo v evrihaline in evritermne biocenozo. Za te so značilna velika nihanja slanosti in temperature in nizka vrstna pestrost. Na podlagi novih podatkov modre rakovice v ustju reke Neretve avtorji dopuščajo možnost, da se je vrsta v novem okolju že ustalila. V novem okolju bo verjetno imela vpliv na samonikle vrste, gotovo pa bo postala zanimiva kot tarčna vrsta za lokalno ribištvo.

Ključne besede: modra rakovica, *Callinectes sapidus*, Decapoda, tujerodna vrsta, Jadransko morje

REFERENCES

- Abdel-Razec, F. A. (1987):** Crab fishery of the Egyptian waters with notes on the bionomics of *Portunus pelagicus* (L.). Acta Adriat., 28(1–2), 143–154.
- Atar, H. H. & S. Seçer (2003):** Width/length-weight relationships of the blue crab (*Callinectes sapidus* Rathbun, 1896) population living in Beymelek Lagoon Lake. Turk. J. Vet. Anim. Sci., 27, 443–447.
- Bellan-Santini, D., G. Bellan, G. Bitar & J. G. Harmelin & G. Pergent (2002):** Handbook for interpreting types of marine habitat for the selection of sites to be included in the national inventories of natural sites of conservation interest. UNEP-MAP RAC/SPA, Tunis, 217 p.
- Beqiraj, S. & L. Kashta (2010):** The establishment of blue crab *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896 in the Lagoon of Patok, Albania (south-east Adriatic Sea). Aquat. Invasions, 5(2), 1–3.
- Enzenrob, R., L. Enzenrob & F. Bingel (1997):** Occurrence of the blue crab *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896 (Crustacea: Decapoda) on the Turkish Mediterranean and the adjacent coast and its size distribution in the Bay of Iskenderun. Turk. J. Zool., 21, 113–122.
- Florio, M., P. Breber, T. Scirocco, A. Specchiulli, L. Cilenti & L. Lunare (2008):** Exotic species in Lesina and Varano lakes: Gargano National Park (Italy). Transit. Waters Bull., 2, 69–79.
- Gennaio, R., G. Scordela & M. Pastore (2006):** Occurrence of blue crab *Callinectes sapidus* (Rathbun, 1896, Crustacea, Brachyura), in the Ugento ponds area (Lecce, Italy). Thalassia Salentina, 29, 29–39.
- Giordani Soika, A. (1951):** *Neptunus pelagicus* (L.) nell'Alto Adriatico. Natura, 42, 18–20.
- Harding, J. M. (2003):** Predation by blue crabs, *Callinectes sapidus*, on rapa whelks, *Rapana venosa*: possible natural controls for an invasive species. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 297, 161–177.
- Holthuis, L. B. & E. Gottlieb (1955):** The occurrence of the American blue crab *Callinectes sapidus* Rathbun, in Israel waters. Bull. Res. Council. Isr., 5B, 154–156.
- Kirinčić, M. & Z. Števčić (2008):** Fauna of the Adriatic decapod crustaceans (Crustacea: Decapoda) – status and outlook. Nat. Croat., 17(2), 131–139.
- Koukoras, A., C. Dounas, M. Turkay & E. Voultsiadou Koukora (1992):** Decapod crustacean fauna of the Aegean Sea: New information, check-list, affinities. Senckenbergiana marit. 22(3/6), 217–244.

Mizzan, L. (1993): Presence of swimming crabs of the genus *Callinectes* (Simpson) (Decapoda: Portunidae) in the Venice Lagoon (North Adriatic Sea – Italy): the first record of *Callinectes danae* Smith in European waters. Boll. Mus. civ. St. nat. Venezia, 42, 31–23.

Mizzan, L. (1999): Le specie alloctone del macrobenthos della Laguna di Venezia: il punto della situazione. Boll. Mus. civ. St. nat. Venezia, 49, 145–176.

Monin, V. L. (1984): A new record of the blue crab *Callinectes sapidus* (Decapoda: Brachyura) in the Black Sea. Zool. Zh., 63(7), 1100–1112.

Onofri, V., J. Dulčić, A. Conides, S. Matić-Skoko & B. Glamuzina (2008): The occurrence of the blue crab, *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896 (Decapoda, Brachyura, Portunidae) in the eastern Adriatic (Croatian coast). Crustaceana, 81(4), 403–409.

Scaravelli, D. & O. Mordenti (2007): Segnalazioni faunistiche. Quad. Studi Nat. Romagna, 24, 155–160.

Shiber, J. C. (1981): Brachyurans from Lebanese waters. Bull. Mar. Sci., 31(4), 864–875.

Tortonese, E. (1965): La comparsa di *Callinectes sapidus* Rathb. (Decapoda: Brachyura) nel Mar Ligure. Ann. Mus. civ. St. Nat. Genova – Doriana, 4(165), 1–3.

Short scientific article
Received: 2010-05-07

UDC 597.556.33:591.9(262)

OCCURRENCE OF THE POR'S GOATFISH *UPENEUS PORI* (OSTEICHTHYES: MULLIDAE) IN THE LAGOON OF BIZERTE (NORTHERN TUNISIA, CENTRAL MEDITERRANEAN)

Karima AZZOUZ, Sonia MANSOUR & Moncef BOUMAÏZA

Laboratoire d'Hydrobiologie Littorale et Limnique, Université du 07 novembre à Carthage, Faculté des Sciences, Zarzouna,
7021 Bizerte, Tunisia

E-mail: karimaazzouz_2008@yahoo.fr

Christian CAPAPÉ

Laboratoire d'Ichtyologie, case 104, Université Montpellier II, Sciences et Techniques du Languedoc, F-34095 Montpellier cedex 5, France

ABSTRACT

*The authors report on the second capture of a Por's goatfish *Upeneus pori* in Tunisian waters; it was 186 mm in total length and weighed 61 g. The specimen was captured in the Lagoon of Bizerte, brackish area in northern Tunisia (central Mediterranean) that constitutes the northernmost extension range in the area and concomitantly the westernmost extension range of *U. pori* in the Mediterranean Sea.*

Key words: Osteichthyes, Mullidae, *Upeneus pori*, Lagoon of Bizerte, northern Tunisia, range extension

PRESENZA DI TRIGLIA STRIATA *UPENEUS PORI* (OSTEICHTHYES: MULLIDAE) NELLA LAGUNA DI BIZERTE (TUNISIA SETTENTRIONALE, MEDITERRANEO CENTRALE)

SINTESI

*Gli autori segnalano la seconda cattura di Triglia striata *Upeneus pori* in acque della Tunisia. L'esemplare, 186 mm di lunghezza per 61 g di peso, è stato catturato nella Laguna di Bizerte, area salmastra della Tunisia settentrionale (Mediterraneo centrale), che rappresenta il limite di estensione più settentrionale della specie nell'area, nonché il limite di estensione più occidentale di *U. pori* nel mare Mediterraneo.*

Parole chiave: Osteichthyes, Mullidae, *Upeneus pori*, Laguna di Bizerte, Tunisia settentrionale, limite di estensione

INTRODUCTION

The Por's goatfish *Upeneus pori* (Ben-Tuvia & Golani, 1989), one of the Lessepsian migrant teleost species, is considered to be successfully established in the Mediterranean Sea, especially off the coast of Israel (Golani, 1994). The species was cited by Akyol *et al.* (2006) in the Aegean Sea, El Sayed (1994) off the Mediterranean coast of Egypt, and Ben Abdallah *et al.* (2004) off Libya. Additionally, it was recorded for the first time in Tunisian waters by Ben Souissi *et al.* (2005a) in the Bahiret El Biban, a hyperhaline lagoon, located in southern Tunisia.

During research conducted from August 2009, a specimen of Por's goatfish was collected in the Lagoon of Bizerte, brackish area located in northeastern Tunisia, between 37°08' and 37°14' N, and between 09°46' and 09°56' E (Fig. 1). The aim of this paper is to report on the second record of *U. pori* in Tunisian waters, to give a short description of the specimen and briefly comment on its distribution in the area and in the Mediterranean Sea.

MATERIAL AND METHODS

The second Tunisian Por's goatfish was captured on 5 May 2010, by trammel nets, 20–24 mm mesh size, at 7

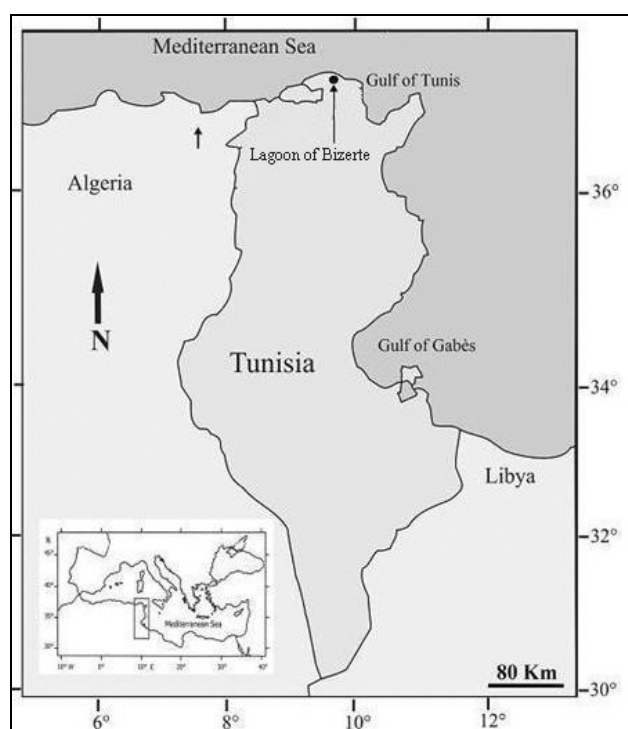


Fig. 1: Map of the Mediterranean showing the Tunisian coast and pointing out the Lagoon of Bizerte.

Sl. 1: Zemljevid Sredozemlja s tunizijsko obalo in označeno Laguno Bizerte.

m depth, on sandy bottom, in the northern part of the Lagoon of Bizerte. This *U. pori* specimen was caught together with many other mullid species, such as the red mullet, *Mullus barbatus* (Linnaeus, 1758) and the striped red mullet, *Mullus surmuletus* (Linnaeus, 1758).

Soon after its capture, the specimen was identified following Hureau (1986), Golani *et al.* (2002) and Ben Souissi *et al.* (2005a), photographed, and measured for total length (TL) to the nearest millimetre and total mass (TM) to the nearest gram (Fig. 2). Additionally, morphometric measurements with percentage of TL, and meristic counts were carried out following Ben-Tuvia & Golani (1989), Golani *et al.* (2002) and Ben Souissi *et al.* (2005a) (see Table 1). The specimen is preserved in 5% buffered formalin and deposited in the Ichthyological Collection at the Laboratoire d'Hydrobiologie Littorale et Limnique of the Faculté des Sciences de Bizerte (Tunisie), receiving the catalogue number FSB-Upe-por 01.

RESULTS AND DISCUSSION

The specimen found in the Lagoon of Bizerte is described as follows: body elongate, moderately compressed. Head and snout scaly. Snout rounded, chin with two short and thin barbels; two feeble opercular spines. Maxilla ending below front of eye; mouth slightly inferior; posterior nostrils forming a conspicuous slit in front of eye; origin of second dorsal fin above vent. First dorsal fin with seven spines, the first one the longest; the second dorsal fin with one spine and eight soft branched rays, the last one branched to base anal fin with one minute spine and seven rays. Colour of head and body red-brown, barbels white; large horizontal brown bar from gill opening to mid-base of tail; first dorsal fin with four horizontal bars; second dorsal fin with two horizontal bars; upper lobe of caudal fin with five oblique red-brown bars; lower lobe of caudal fin with five oblique red-brown bars. The morphometric measurements and meristic counts are given in Table 1.

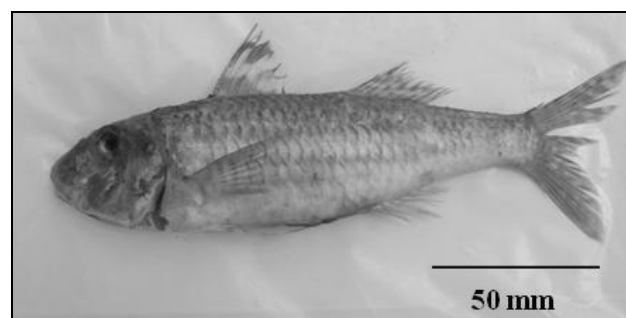


Fig. 2: The *Upeneus pori* specimen (ref. FSB-Upe-por 01), captured on 5 May 2010, off Bizerte, scale bar = 50 mm.

Sl. 2: Primerek *Upeneus pori* (ref. FSB-Upe-por 01), ujet 5. maja 2010 pri kraju Bizerte, merilo = 50 mm.

Tab. 1: Morphometric measurements and meristic counts of the *Upeneus pori* specimen (ref. FSB-Upe-por 01). (*) Comparison with the specimen described by Ben Souissi *et al.* (2005), and the holotype (), data from Ben-Tuvia & Golani (1989).**

Tab. 1: Merfometrične meritve in meristično štetje pri primerku *Upeneus pori* (ref. FSB-Upe-por 01). (*) Primerjava s primerkom, ki ga je opisal Ben Souissi *et al.* (2005), in holotipom (), podatki iz Ben-Tuvia & Golani (1989).**

Specimen	FSB-Upe-por 01		MUL-Upp-01*		HUJ 13622**	
Total mass (g)	61		12.7		–	
Measurements	mm	%SL	mm	%SL	mm	%SL
Total length	186.0	114.8	110	118.3	124	126.5
Length to fork	168.0	103.7	97.7	105.1	–	–
Standard length	162.0	100.0	93	100	98	100.0
Head length	40.3	24.9	23.8	26.6	23	23.5
Snout length	11.3	7.0	7.2	7.8	10.9	11.1
Interorbital width	8.6	5.3	6	6.5	8.2	8.4
Eye diameter	9.9	6.1	6.3	6.8	7.1	7.2
Barbels length	34.0	21.0	13.9	14.9	15.5	15.8
Caudal fin height	33.0	20.4	17.4	18.7	–	–
Caudal peduncle length	36.9	22.8	23.9	25.7	24.5	25.0
Caudal peduncle depth	15.3	9.4	8.3	8.9	10.3	10.5
Predorsal length	51.8	32.0	32	34.4	36.7	37.4
Space between snout and vent	95.0	58.6	52.3	56.2	–	–
Pectoral fin length	32.4	20.0	16.6	17.18	19.9	20.3
Pectoral fin base	9.7	6.0	4.1	4.4	–	–
First dorsal fin height	25.0	15.4	15.2	16.3	14.5	14.8
First dorsal fin base	21.3	13.1	13.1	14.1	–	–
Second dorsal fin height	18.1	11.2	15.2	16.3	14.5	14.8
Second dorsal fin base	23.1	14.3	13.5	14.5	–	–
Pelvic fin length	24.2	15.0	16.5	17.7	20	20.4
Pelvic fin base	8.9	5.5	4.8	17	–	–
Anal fin height	17.0	10.5	14.7	15.8	13.3	13.6
Anal fin base	16.9	10.5	14.8	15.9	–	–
Axillary scale length	9.5	5.9	9*	–	(9.2)**	–
Counts	FSB-Upe-por-01		MUL-Upp-01		HUJ 13622	
Dorsal rays	VII+9		VII+9		VII+9	
Pelvic rays	I+5		I+5		–	
Pectoral rays	14		14		–	
Anal rays	I+7		I+7		I+7	
Gill-rakers	7+19		7+19		7+19	
Scales between two dorsal fins	5		4		3(4)	
Scales below lateral line	6		5		5	
Lateral line scales counts	31		30		29	
Additional scales on tail	2		2		2	

Description, colour, morphometric measurements and meristic counts are in agreement with Ben-Tuvia & Golani (1989), Golani *et al.* (2002) and Ben Souissi *et al.* (2005a). They confirm the second record of *U. pori* in Tunisian waters, that constitutes the northernmost extension range of the species in the area and concomitantly the westernmost extension range in the Mediterranean Sea. Additionally, this new finding confirms Golani's opinion (1998), suggesting that once a Lessepsian teleost species enters the Mediterranean and establishes a self-sustaining population, no physical barriers prevent its dispersal westward.

Several alien teleost species were found to date in Tunisian waters (Ben Souissi *et al.*, 2005b). Some of them are definitively established in the area, the filfish *Stephanolepis diaspros* (Fraser-Brüner, 1940) and the blunthead puffer *Sphoeroides pachygaster* (Müller & Troschel, 1848), being the best instances (Ben Amor & Capapé, 2008; Zouari-Ktari *et al.*, 2008; Chérif *et al.*, 2010). However, the same as Golani (1994) observed for *U. pori* specimens from eastern Levant Basin, other findings are needed to assess the impact of *U. pori* in Tunisian waters.

POJAV TUJERODNEGA BRADAČA *UPENEUS PORI* (OSTEICHTHYES: MULLIDAE) V LAGUNI BIZERTE (SEVERNA TUNIZIJA, OSREDNJE SREDOZEMLJE)

Karima AZZOUZ, Sonia MANSOUR & Moncef BOUMAÏZA

Laboratoire d'Hydrobiologie Littorale et Limnique, Université du 07 novembre à Carthage, Faculté des Sciences, Zarzouna,
7021 Bizerte, Tunisia
E-mail: karimaazzouz_2008@yahoo.fr

Christian CAPAPÉ

Laboratoire d'Ichtyologie, case 104, Université Montpellier II, Sciences et Techniques du Languedoc, F-34095 Montpellier cedex 5, France

POVZETEK

V članku avtorji poročajo o drugem ulovu bradača *Upeneus pori* v tunizijskih vodah; celotna dolžina primerka 186 mm, teža 61 g. Primerek je bil ulovljen v Laguni Bizerte, brakičnem območju v severni Tuniziji (osrednje Sredozemlje), kar predstavlja najsevernejši del območja razširjenosti vrste v regiji in s tem najzahodnejši del območja razširjenosti *U. pori* v Sredozemskem morju.

Ključne besede: Osteichthyes, Mullidae, *Upeneus pori*, Laguna Bizerte, severna Tunizija, območje razširjenosti

REFERENCES

Akyol, O., V. Ünal. & T. Ceyhan (2006): Occurrence of two Lessepsian migrant fish, *Oxyurichthys petersi* (Gobiidae) and *Upeneus pori* (Mullidae), from the Aegean Sea. *Cybiurn*, 30(4), 389–390.

Ben-Abdallah, R., A. A. Alturky & A. A. Fitury (2004): Commercially exploited fishes in Libya. In: Actes des 6^e Journées tunisiennes des sciences de la Mer (ATSMer). Tunis, novembre 2003. *Bull. Inst. Natl. Sci. Tech. Mer Salammbô*, n° special, 52–55.

Ben Amor, M. M. & C. Capapé (2008): Occurrence of a filefish closely related to *Stephanolepis diaspros* (Osteichthyes: Monacanthidae) off northern Tunisian coast (south-western Mediterranean Sea). *Cah. Biol. Mar.*, 49(4), 323–328.

Ben Souissi, J., H. Mejri, J. Zaouali & C. Capapé (2005a): On the occurrence of the Por's goatfish, *Upeneus pori* (Mullidae) in southern Tunisia (central Mediterranean). *Cybiurn*, 29(4), 410–412.

Ben Souissi, J., N. Trigui El Ménif, M. S. Mahjoub, H. Méjri, J. P. Quignard, C. Capapé & J. Zaouali (2005b): On the recent occurrences of marine exotic species in the Tunisian waters. In: Özhan, E. (ed.): Proc. 7th international Conference of the Mediterranean coastal Environment, MEDCOAST 05. 25–29 October 2005, Kusa-dast, Turkey, pp. 530–540.

Ben-Tuvia, A. & D. Golani (1989): A new species of goatfish (Mullidae) of the genus *Upeneus* from the Red Sea and the eastern Mediterranean. *Isr. J. Zool.*, 36, 103–112.

Chérif, M., M. M. Ben Amor, M. Bdioui, S. Ben Salem, H. Missaoui & C. Capapé (2010): Additional records of the blunthead puffer *Sphoeroides pachygaster* (Osteichthyes: Tetraodontidae) off the Tunisian coast (central Mediterranean). *Annales, Ser. Hist. Nat.*, 20(1). (In press)

El Sayed, R. S. (1994): Check-list of Egyptian Mediterranean fishes. National Institute of Oceanography and Fisheries, Alexandria, Egypt, ix + 77 p.

Golani, D. (1994): Niche separation between colonizing and indigenous goatfish (Mullidae) along the Mediterranean coast. *J. Fish Biol.*, 45, 503–513.

Golani, D. (1998): Distribution of Lessepsian migrant fish in the Mediterranean. *Ital. J. Zool.*, 65(suppl.), 95–99.

Golani, D., L. Orsi-Relini, E. Masutti, & J. P. Quignard (2002): CIESM Atlas of exotic fishes in the Mediterranean, Vol. 1. In: Briand, F. (ed.): Fishes. CIESM Publications, Monaco, 256 p.

Hureau, J. C. (1986): Mullidae. In: Whitehead, P. J. P., M. L. Bauchot, J. C. Hureau, J. Nielsen & E. Tortonese (eds.): Fishes of the north-eastern Atlantic and the Mediterranean, Vol. II. UNESCO, Paris, pp. 877–882.

Zouari-Ktari, R., M. N. Bradai & A. Bouain (2008): The feeding habits of the Lessepsian fish *Stephanolepis diaspros* (Fraser-Brunner, 1940) in the Gulf of Gabes (eastern Mediterranean Sea). *Cah. Biol. Mar.*, 49(4), 329–338.

Original scientific article
Received: 2009-12-09

UDC 597.315.1:639.2(262.4)

POST-RELEASE BEHAVIOR AND ANTHROPOGENIC INJURIES OF THE BLUNTNOSE SIXGILL SHARK, *HEXANCHUS GRISEUS* (BONNATERRE, 1788) (CHONDRICHTHYES: HEXANCHIDAE) IN TURKISH WATERS

Hakan KABASAKAL

Ichthyological Research Society, Tantavi Mahallesi, Menteşoğlu Caddesi, İdil Apt., No. 30/4, Ümraniye, TR-34764 İstanbul, Turkey
E-mail: hakankabasakal@superposta.com

ABSTRACT

Anthropogenic injuries were observed on eight sixgill sharks caught between 2006 and 2009 in the Turkish seas. The observed injuries varied from small light patches to long parallel scratches, bruises or lacerations. The sixgill shark caught on 20 April 2009 in Saros Bay, exhibited what appeared to be aberrant behaviour. Injured sixgill sharks may be at risk from post-release disability or mortality, due to the possible long-term pathologic consequences of fishing gear induced scars. Sixgill sharks interact with multiple gear types, which impose varying levels of stress. Hence, studies on the post-release survivorship of the sixgill shark must be conducted on a fishery-specific basis.

Key words: *Hexanchus*, survival, conservation, fishing, Turkish waters

COMPORTAMENTO POST-RILASCIO E LESIONI ANTROPOGENICHE DI SQUALO CAPOPIATTO, *HEXANCHUS GRISEUS* (BONNATERRE, 1788) (CHONDRICHTHYES: HEXANCHIDAE) IN ACQUE TURCHE

SINTESI

Lesioni antropogeniche sono state osservate su otto esemplari di squalo capopiatto, catturati fra il 2006 ed il 2009 in acque della Turchia. Le lesioni osservate comprendevano piccole macchie chiare, lunghi graffi paralleli, lacerazioni e ammaccature. L'esemplare catturato il 20 aprile 2009 nella baia di Saros, esibiva un comportamento definibile come aberrante. Esemplari di squalo capopiatto feriti potrebbero venir considerati a rischio di invalidità o mortalità post-rilascio, in seguito a conseguenze patologiche di lunga durata, quali graffi causati da attrezzature da pesca. Lo squalo capopiatto interagisce con vari tipi di attrezzature da pesca, che causano agli esemplari diversi livelli di stress. Pertanto gli autori sottolineano l'importanza di studi specifici sulla sopravvivenza dello squalo capopiatto, relazionati all'attività di pesca.

Parole chiave: *Hexanchus*, sopravvivenza, conservazione, pesca, acque della Turchia

INTRODUCTION

The sixgill shark, *Hexanchus griseus* (Bonnaterre, 1788), is a wide-ranging hexanchid shark in both the northern and southern hemisphere (Compagno, 1984). *H. griseus* is a large (total length up to 6 m; Kabasakal, 2009), bottom-dwelling shark in shelf and slope waters, to a depth of 2,500 m (Zhan *et al.*, 1987; references in Ebert, 1994). The occurrence of *H. griseus* in the Mediterranean Sea has been well-documented by several authors in the past (e.g., Barrull & Mate, 2000; Capapé *et al.*, 2003, 2004; Celona *et al.*, 2005). Recent investigations revealed that the sixgill shark is a common by-catch of purse-seiners, bottom-trawlers and gill-netters, operating in Turkish waters (Kabasakal, 2004, 2006, 2009). Although fishermen claim they don't deliberately catch sixgill sharks, they don't have any intention of releasing them in the instances of accidental captures. Furthermore, the interest of fishmongers for large individuals of *H. griseus* increases the pressure on fishery for sixgill sharks. In the present study, post-release behavior of a single sixgill shark and anthropogenic injuries observed on several specimens are described. Implications of post-release behavior and anthropogenic injuries with the survivorship and conservation of *H. griseus* are discussed.

MATERIAL AND METHODS

The present study is a part of ongoing research on the life history of *Hexanchus griseus* in Turkish waters, which was initiated by Ichthyological Research Society (I.R.S.) in 1997. On 20 April 2009, two sixgill sharks were found discarded ashore in Saroz Bay (NE Aegean Sea; Fig. 1), by Mr. Ata Bilgili (AB), an İstanbul based scuba diver. AB recorded the total length (TL), sex and external characteristics of the landed sixgill sharks on site. Video footage of the post-release behavior of one of the sixgill sharks was taken by AB with a compact digital camera in a waterproof housing. Post-release behavior described in the present article is based on this video footage, which is available on the following link: <http://derintakip.blogspot.com/2009/04/saros-korfezinde-iki-bozcamlgoz.html>

Definitions of the anthropogenic injuries seen on the examined specimens followed Dunbrack & Zielinski (2005). These injuries differ from breeding injuries, for instance (Stevens, 1974).

Anthropogenic injuries described here were observed on 8 sixgill sharks caught in years 2006 to 2009. Measurements and scar characteristics of these specimens are presented in Table 1; the localities of capture are indicated on the map in Figure 1. TL, the distance from the tip of the snout to the tip of the upper caudal lobe, with the caudal fin in its' natural posture, of each examined sixgill shark was recorded. Photographs of the wounded sixgill sharks are kept in the archives of I.R.S. and available for further inspection on request.

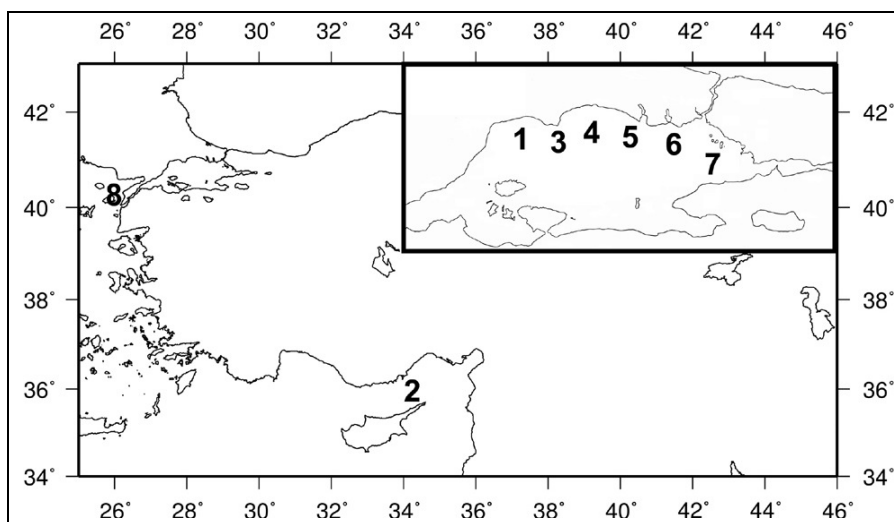


Fig. 1: Capture localities of the examined sixgill sharks off Turkish coast. Numbers are the same as the numbers in Table I.

Sl. 1: Lokacije ulova obravnavanih morskih psov šesteroškrjarjev v turških vodah. Številke ustrezajo tistim iz tabele I.

RESULTS AND DISCUSSION

Anthropogenic injuries on sixgill sharks

The observed injuries varied from small light patches to long parallel scratches, bruises or lacerations (Fig. 2). Individual descriptions of scar characteristics are given in Table 1. The origin of the long parallel lines is uncertain but they are consistent with injuries expected from the entanglement with the nets or lines. Narrow but deep perforations are expected to be the result of gaffing. In all of the examined sixgill sharks, petechial hemorrhage is widespread, particularly around oral area and ventral surface.

Post-release behavior of the sixgill shark No 8

Information provided by fishermen revealed that the two sixgill sharks captured on 20 April 2009 struggled dramatically for nearly 30 minutes before being gaffed. Then the fishermen tied the sixgill sharks by the tail and towed them behind their fishing boat for almost 1 hour. One of the sharks was already dead when discarded

ashore (Fig. 3a). During the examination of the specimens, AB realized that the other sixgill shark (specimen no. 8 in Tab. 1) was still alive. With the assistance of local fishermen the sixgill shark was returned to the sea. The animal exhibited what appeared to be aberrant behavior. Upon release, the sixgill shark abruptly collided with the bottom rock, stopped and remained motionless on the bottom for almost one minute (Fig. 3b). Thereafter it resumed swimming and ascended to surface (Fig. 3c). The shark remained near the surface with the tip of its snout exposed to air and resumed swimming in that position (Fig. 3d). Then the animal moved beneath the surface again, resumed swimming for a short time and rose to surface again. This "rise and sink" movement was repeated by the shark several times. During this time, the shark remained swimming in a circular path, with mouth wide-open, and rolling on its left side as it lost equilibrium (Fig. 3d-e). The shark continued this "rise and sink" movement, while remaining in an oblique posture of "nose-up and tail-down" for about two minutes, then rolled on its back and collided with the bottom before dying (Fig. 3f).

Tab. 1: Individual scar characteristics and catch data of the examined sixgill sharks. Figures given in the 'No' column are the same as the numbers on the map in Figure 1.

Tab. 1: Karakteristike posameznih poškodb in podatki o ulovu obravnavanih morskih psov šesteroškrjarjev. Številke v stolpcu 'No' ustrezajo številkam na zemljevidu na sliki 1.

No	Date	TL (cm)	W (kg)	Sex	Remarks
1	18 Feb 2006	300	350	M	Abrasion on the tip of the snout and hemorrhage; superficial patches of differing sizes at the pectoral fin base and on 6th gill slit.
2	26 Nov 2006	260	220	M	Deep abrasion-like scar on the branchial area; group of long parallel lines running along the pelvic region.
3	10 Feb 2007	300	150	F	Deep abrasions on gill slits.
4	15 Mar 2008	180	50	F	Dorsal fin is deeply torn.
5	19 Mar 2008	250	200	M	Upper labial skin is deeply torn on the right side.
6	22 Mar 2008	250	220	?	Group of long parallel lines running over pectoral base; deep abrasions on the upper edge of the gill slits.
7	1 Nov 2008	230	100	M	Caudal peduncle with deep bruises; scratches as deep, long parallel lines on pelvic region.
8	20 Apr 2009	400	?	F	Deep scratches and thin lines surrounding the head; deep perforations on the head; caudal peduncle with deep bruises.

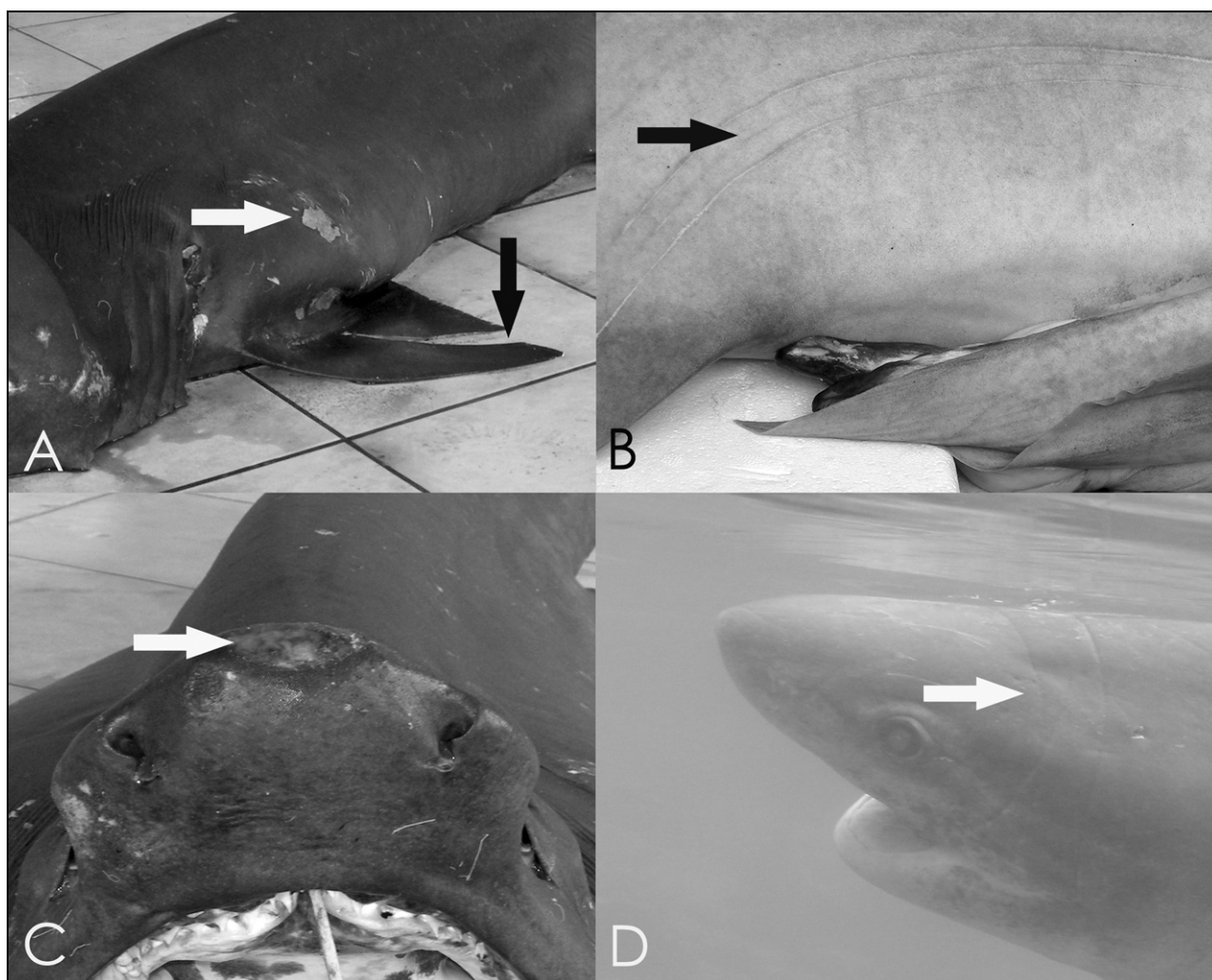


Fig. 2: Anthropogenic scars on the examined sixgill sharks. (A) Specimen No 1; (B) Specimen No 2; (C) Specimen No 1; (D) Specimen No 8.

Sl. 2: Antropogene poškodbe na obravnavanih morskih psih šesteroškrjarjih. (A) primerek št. 1; (B) primerek št. 2; (C) primerek št. 1; (D) primerek št. 8.

Wide scale utilization of underwater imaging by scuba divers provides an increasing amount of evidence of the shark life history characteristics compared to the past. On the basis of a compact digital camera recordings, the author concludes that the sixgill shark entangled in a fishing net was subjected to excessive physical trauma and air exposure and consequently exhibited aberrant behavior, which included a nearly two minute period of disorientation, atypical swimming upon release (*i.e.*, incapable of directed swimming but still alive), loss of equilibrium, and death. Manire *et al.* (2001) defined this condition of a released shark as 'Condition 5', which means dead upon removal from gear or moribund and unable to revive even after a long submergence time.

Using CRITTERCAM animal-borne imaging system, Skomal *et al.* (2007/2008) found that grey reef sharks, *Carcharhinus amblyrhynchos* (Bleeker, 1856), exhibited aberrant behavior upon release at Johnston Atoll in the Central Pacific. Skomal *et al.* (2007/2008) concluded that the aberrant post-release behavior of a single grey reef shark that settled on the bottom for two minutes was likely associated with tissue damage from the hook. Skomal & Chase (2002) noted that upon release sharks are capable of recovery when handled properly and not subjected to extensive physical trauma. Physical damage caused by fishing gear can have lethal consequences and contribute to post-release mortality (Borucinska *et al.*, 2002; Skomal, 2007), as happened in the case of shark No 8.

Fishing nets can cause external epithelial damage from abrasion or entanglement (Skomal, 2007). Moreover, rough handling, use of gaffs and excessive time out of water can cause irreparable damage to sharks (Skomal & Chase, 2002). Fishing gear induced injuries can cause serious damage and future health risk. Post-release infections can increase the incidence of post-release or 'cryptic' mortality. Dunbrack & Zielinski (2005) reported approximately one third of the sixgill sharks observed at Flora Islets, British Columbia, to have scars consistent with commercial gear entanglement. Due to the absence of injuries of this type in the sharks bigger than 280 cm TL, Dunbrack & Zielinski (2005) suggested that the largest sharks may be able to break off hooks or leaders without entanglement. The three largest specimens (Nos 1, 3, 8; Tab. 1), examined in the present study, bore scars consistent with fishing net entanglement. The injuries surrounding the head of specimen No 8 are sugges-

tive of the entanglement with gill- or trammel-nets, commonly used gears, particularly by the coastal fishermen. Manire *et al.* (2001) reported behavioral differences among the three shark species' responses to gill-net capture. These behavioral differences varied from dramatic struggle and tight entanglement in *Sphyrna tiburo* (Linnaeus, 1758) and *Carcharhinus limbatus* (Valenciennes, 1839), to poor or no struggle with entanglement in gill area in *C. leucas* (Valenciennes, 1839). In the examined sixgill sharks, injuries appeared particularly in the head, gill and fin regions, resulting in excessive skin abrasions and fin damage (Fig. 2), all of which are suggestive of dramatic struggle and tight entanglement with the fishing net. Deep bruises seen on the caudal peduncle of specimens No 7 and 8 were caused by lifting or towing the sixgill sharks by the tail, which may have torn internal connective tissue.

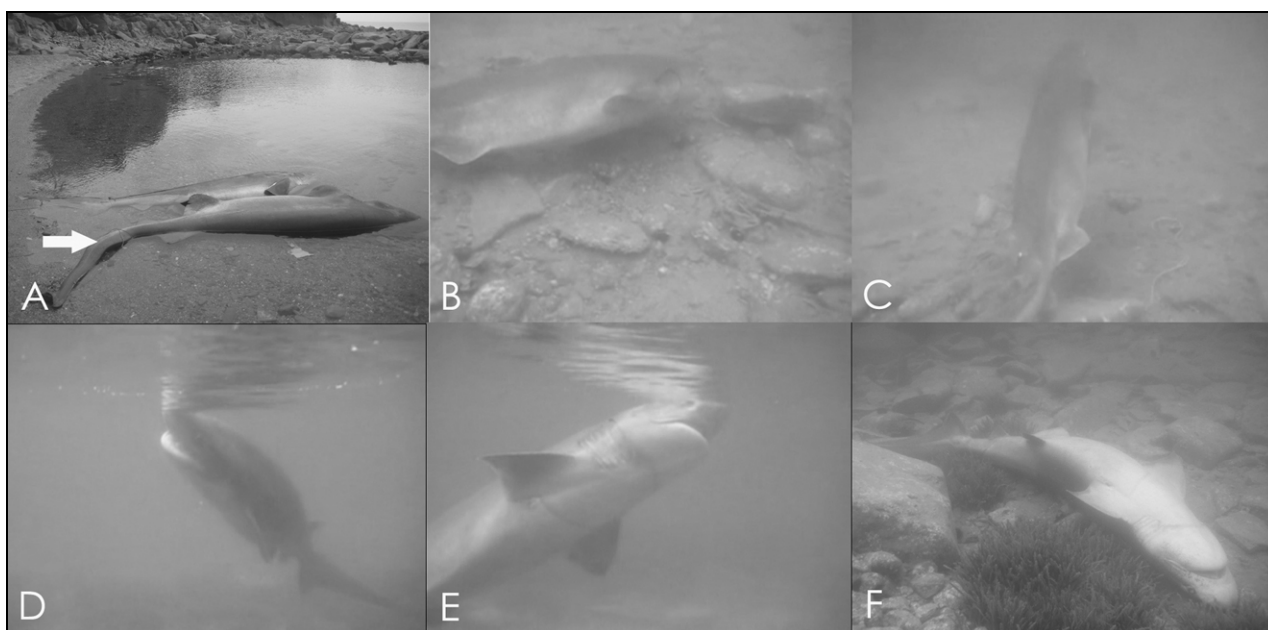


Fig. 3: Discarded sixgill sharks in Saroz Bay. (A) Arrow denotes the specimen 400 cm TL filmed for post-release behavior; (B) Video capture image, sixgill shark collides on the bottom; (C) Video capture image, sixgill shark rises to surface; (D) Video capture image, 'nose up and tail down' swimming; (E) Video capture image, sixgill shark with mouth wide-open and nose projecting out of the water; (F) After about two minutes of atypical swimming sixgill shark dies and collides on the bottom.

Sl. 3: Odvržena morska psa šesteroškrgarja v zalivu Saros. (A) puščica označuje primerek skupne dolžine 400 cm, ki je bil posnet po izpustu; (B) video posnetek, morski pes šesteroškrgar zadene ob dno; (C) video posnetek, morski pes šesteroškrgar se dvigne na površje; (D) video posnetek, plavanje z "gobcem gor in repom dol"; (E) video posnetek, morski pes šesteroškrgar s široko razprtim gobcem in nosom nad vodno gladino; (F) po približno dveh minutah atipičnega plavanja morski pes šesteroškrgar pogine in obleži na morskem dnu.

Due to its complex structure and close association with various tissue elements, shark skin is an active composite with functional roles, e.g. minimizing swimming induced-drag, reducing mechanical abrasion and protecting them from ectoparasites (Southall & Sims, 2003). Whether small or large, scars can adversely affect the structural integrity of shark skin, which in turn weakens its defensive mechanisms against external pathogens. Although no study is available on wound healing in sixgill sharks, Reif (1978) noted that, in nurse shark, *Ginglymostoma cirratum* (Bonnaterre, 1788) and leopard shark, *Triakis semifasciata* (Girard, 1854), wound healing can take at least 4 months. In the examined sixgill sharks, scars were covered by a thin layer of mucus, and petechial hemorrhages were seen, particularly on extensive dermal abrasions (Fig. 3a) and thin parallel line type scratches (Fig. 3b). According to Reif (1978), dermal wounds are covered with mucus in more than 2 weeks, and beneath this mucus the epidermis regenerates. The usual progression of the healing process outlined by Reif (1978) can cause harmful pathologies in released sixgill sharks. Although substances occurring naturally in elasmobranchs increase resistance to infection and improve tissue regeneration (Bird, 1978), open wounds are suitable sites for contamination and development of pathologic organisms. Furthermore, various extents of tissue involvement in wounded sharks suggested that morphological modifications in gills and fins (particularly pectoral fins) can adversely affect the respiratory capacity, and locomotion and stabilization of sharks (Bird, 1978). It can be assumed that injured sixgill sharks may be at risk from post-release disability or mortality, due to the possible long-term pathologic consequences of fishing gear induced scars, as suggested by Bird (1978).

CONCLUSIONS

In agreement with Skomal (2007) and Skomal *et al.* (2007/2008), we consider the understanding of post-release behavior of sharks as very important to improve the survival chances of released sharks. Even the observations of post-release behavior of a single shark can provide a deep insight and enable us to review the conservative and regulatory measures. Sixgill sharks are considered a 'nuisance' by the fishermen, and upon capture their immediate response is to kill the entangled specimens. Post-release death of the observed sixgill shark raises the following questions: Does the release of the sixgill shark allow for survivorship and conservation of *H. griseus*? What is the rate of cryptic mortality of sixgill sharks in Turkish waters? What measures should be implemented to increase the chance of post-release survivorship? Given the large size and demersal nature of the sixgill shark, assessing post-release mortality is difficult and should include multiple approaches that quantify the extent of physical damage. Sixgill sharks interact with multiple gear types (e.g. gill- and trammel-nets, bottom-trawls, purse-seines and deep-set long-lines), which impose varying levels of stress. Hence, studies on the post-release survivorship of the sixgill shark must be conducted on a fishery-specific basis.

ACKNOWLEDGMENTS

The author would like to thank Mr. Ata Bilgili, an İstanbul based scuba diver, for the video footage of the sixgill shark. A special thank goes to Mrs. Özgür Kabasakal for her contribution during the field surveys. The author also thanks the two anonymous referees for the critical review of the manuscript. With the contribution of their valuable comments, the content of the article significantly improved.

VEDENJE PO IZPUSTU IN ANTROPOGENE POŠKODBE MORSKEGA PSA ŠESTEROŠKRGARJA *HEXANCHUS GRISEUS* (BONNATERRE, 1788) (*CHONDRICHTHYES: HEXANCHIDAE*) V TURŠKIH VODAH

Hakan KABASAKAL

Ichthyological Research Society, Tantavi Mahallesi, Menteşoğlu Caddesi, İdil Apt., No. 30/4, Ümraniye, TR-34764 İstanbul, Turkey
E-mail: hakankabasakal@superposta.com

POVZETEK

Pri osmih morskih psih šesteroškrjarjih, ujetih med leti 2006 in 2009 v turških vodah, so bile zabeležene antropogene poškodbe, od manjših svetlih lis do daljših paralelnih prask, odrgnin in raztrganin. Pri morskem psu šesteroškrjarju, ujetem 20. aprila 2009 v zalivu Saros, pa so opazili, kar bi lahko bilo nenormalno vedenje. Pri ranjenih morskih psih šesteroškrjarjih obstaja tveganje prizadetosti ali umrljivosti po izpustu zaradi možnih dolgoročnih patoloških posledic poškodb, prizadejanih z ribolovno opremo. Morski psi šesteroškrjarji prihajajo v stik z različno ribolovno opremo, ki povzroča različne stopnje stresa. Zato je raziskave preživetja morskih psov šesteroškrjarjev po izpustu potrebno izvajati na primeru specifičnega tipa ribolova.

Ključne besede: *Hexanchus*, preživetje, varstvo, ribolov, turške vode

REFERENCES

- Barrull, J. & I. Mate (2000):** Biología de la cañabota, *Hexanchus griseus* (Bonnaterre, 1788) en el Mar Mediterráneo. Bol. Asoc. Esp. Elasm., 3, 13–20.
- Bird, P. M. (1978):** Tissue regeneration in three carcharhinid sharks encircled by embedded straps. Copeia, 1978(2), 345–349.
- Borucinska, J., N. Kohler, L. Natanson & G. Skomal (2002):** Pathology associated with retained fishing hooks in blue sharks, *Prionace glauca* (L.), with implications for their conservation. J. Fish Dis., 25, 515–521.
- Capapé, C., O. Guélorget, J. Barrull, I. Mate, F. Hemida, R. Seridji, J. Bensaci & M. N. Bradaï (2003):** Records of the Bluntnose six-gill shark, *Hexanchus griseus* (Bonnaterre, 1788) (Chondrichthyes: Hexanchidae) in the Mediterranean Sea: a historical survey. Annales, Ser. Hist. Nat., 13(2), 157–166.
- Capapé, C., F. Hemida, O. Guélorget, J. Barrull, I. Mate, J. Ben Souissi & M. N. Bradaï (2004):** Reproductive biology of the bluntnose sixgill shark *Hexanchus griseus* (Bonnaterre, 1788) (Chondrichthyes, Hexanchidae) from the Mediterranean Sea: a survey. Acta Adriat., 45(1), 95–106.
- Celona, A., A. De Maddalena & T. Romeo (2005):** Bluntnose sixgill shark, *Hexanchus griseus* (Bonnaterre, 1788), in the eastern north Sicilian waters. Boll. Mus. Civ. Stor. Nat. Venezia, 56, 137–151.
- Compagno, L. J. V. (1984):** FAO species catalogue. Vol. 4. Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Part 1. Hexanchiformes to Lamniformes. FAO Fish. Synop., 4, 1–249.
- Dunbrack, R. & R. Zielinski (2005):** Body size distribution and frequency of anthropogenic injuries of bluntnose sixgill sharks, *Hexanchus griseus*, at Flora Islets, British Columbia. Can. Field-Nat., 119, 537–540.
- Ebert, D. A. (1994):** Diet of the sixgill shark *Hexanchus griseus* off southern Africa. S. Afr. J. mar. Sci., 14, 213–218.
- Kabasakal, H. (2004):** Preliminary observations on the reproductive biology and diet of the bluntnose sixgill shark, *Hexanchus griseus* (Bonnaterre, 1788) (Chondrichthyes: Hexanchidae), in Turkish Seas. Acta Adriat., 45(2), 187–196.
- Kabasakal, H. (2006):** Distribution and biology of the bluntnose sixgill shark, *Hexanchus griseus* (Bonnaterre, 1788) (Chondrichthyes: Hexanchidae), from Turkish waters. Annales, Ser. Hist. Nat., 16(1), 29–36.
- Kabasakal, H. (2009):** On the occurrence of the bluntnose sixgill shark, *Hexanchus griseus* (Chondrichthyes: Hexanchidae), in the Sea of Marmara. Marine Biodiversity Records, 2, 1–5. doi: 10.1017/S1755267209001018
- Manire, C., R. Hueter, E. Hull & R. Spieler (2001):** Serological changes associated with gill-net capture and restraint in three species of sharks. Trans. Am. Fish. Soc., 130, 1038–1048.

Reif, W.-E. (1978): Wound healing in sharks. *Zoomorphologie*, 90, 101–111.

Skomal, G. B. (2007): Evaluating the physiological and physical consequences of capture on post-release survivorship in large pelagic fishes. *Fish. Manage. Ecol.*, 14, 81–89.

Skomal, G. B. & B. C. Chase (2002): The physiological effects of angling on post-release survivorship in tunas, sharks and marlin. In: Lucy, J. A. & A. L. Studholme (eds.): *Catch and Release in marine Recreational Fisheries*. American Fisheries Society, Bethesda, MD, pp. 135–138.

Skomal, G., P. S. Lobel & G. Marshall (2007/2008): The use of animal-borne imaging to assess post-release be-

haviour as it relates to capture stress in grey reef sharks, *Carcharhinus amblyrhynchos*. *Mar. Technol. Soc. J.*, 41, 44–48.

Southall, E. J. & D. W. Sims (2003): Shark skin: a function in feeding. *Proc. R. Soc. Lond. B*, 270, S47–S49.

Stevens, J. D. (1974): The occurrence and significance of tooth cuts on the blue shark (*Prionace glauca* L.) from British waters. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.*, 54, 373–378.

Zhan, H., S. Deng & G. Xiong (1987): Report on the elasmobranchiate fishes occurring in the outer region of the continental shelf and continental slope in the East China Sea. *Rep. Japan. Group Elasmobranch Stud.*, 24, 16–19.

Short scientific article
Received: 2010-05-10

UDC 597.556.37:591.9(262.26)

ADDITIONAL RECORDS OF THE BLUNTHEAD PUFFER, *SPHOEROIDES PACHYGASTER* (OSTEICHTHYES: TETRAODONTIDAE) OFF THE TUNISIAN COAST (CENTRAL MEDITERRANEAN)

Mourad CHERIF, Mohamed Mourad BEN AMOR, Marouene BDIOUI,
Skander BEN SALEM & Hechmi MISSAOUI

Institut National des Sciences et Technologies de la Mer, INSTM Centre La Goulette, Port de pêche, 2060 La Goulette, Tunisie
E-mail: benamor7@yahoo.fr

Christian CAPAPÉ

Laboratoire d'Ichtyologie, case 104, Université Montpellier II, Sciences et Techniques du Languedoc, F-34095 Montpellier cedex 5, France

ABSTRACT

The record of two juvenile blunthead puffers, Sphoeroides pachygaster (Müller & Troschel, 1848) confirms the occurrence of the species in Tunisian waters. The specimens were captured in the Gulf of Hammamet, north-eastern Tunisia that constitutes the northernmost extension range of the species in the area where the specimen is substantially established, probably due to higher temperatures of waters.

Key words: Osteichthyes, Tetraodontidae, *Sphoeroides pachygaster*, distribution, Tunisia, Mediterranean Sea

NUOVE SEGNALAZIONI DI PESCE PALLA LISCIO, *SPHOEROIDES PACHYGASTER* (OSTEICHTHYES: TETRAODONTIDAE) AL LARGO DELLA COSTA TUNISINA (MEDITERRANEO CENTRALE)

SINTESI

L'avvistamento di due esemplari giovani di pesce palla liscio, Sphoeroides pachygaster (Müller & Troschel, 1848), conferma la presenza della specie in acque tunisine. Gli esemplari sono stati catturati nel Golfo di Hammamet, nella Tunisia nord-orientale, che rappresenta il limite di estensione più settentrionale della specie nell'area, e dove la specie si è effettivamente stabilizzata, probabilmente a causa dell'innalzamento della temperatura dell'acqua.

Parole chiave: Osteichthyes, Tetraodontidae, *Sphoeroides pachygaster*, distribuzione, Tunisia, mare Mediterraneo

INTRODUCTION

The blunthead puffer *Sphoeroides pachygaster* (Müller & Troschel, 1848) is widely distributed in tropical and temperate waters on both sides of the Atlantic Ocean (Shipp, 1990; Sampaio *et al.*, 2001). The species is frequently captured off the eastern tropical Atlantic, especially off Senegal (Séret & Opic, 1991) and in the Gulf of Guinea (Blache *et al.*, 1970; Shipp, 1990).

Sphoeroides pachygaster is known in the Mediterranean where at least 30 records were reported (Peristeraki *et al.*, 2006; Psomadakis *et al.*, 2006; Ligas *et al.*, 2006, 2007), the latest being from Hemida *et al.* (2009) off the Algerian coast; the northernmost extension range of the species in the Mediterranean being the Adriatic Sea (Dulčić, 2002). The species was first recorded in Tunisian marine waters by Bradaï (2000), who observed 5 specimens caught in the Gulf of Gabès between 1992 and 1996; since then, no specimen was recorded in the area, although it was formerly considered to be the 'core' of the Mediterranean population (Golani *et al.*, 2002).

During research, recently conducted off the eastern Tunisian coast, 2 specimens were captured; they are described in the present paper, including detailed morphometric characters, meristic counts and some biological observations. Additionally, we comment on the distribution of *S. pachygaster* in Tunisian marine waters and in the Mediterranean, while the aim of the paper is to point out that the species is substantially established in the area.

MATERIAL AND METHODS

Two blunthead puffers were caught on 03 October 2009, in the Gulf of Hammamet, north-eastern Tunisia, by trawl net shrimp boat, at 50.4 m depth, located between 36°10'23" N, 11°16'13" E and 36°16'26" N, 11°15'48" E (Fig. 1), concomitantly with 12 teleost species, among them the red mullet *Mullus barbatus* (Linnaeus, 1758) and the Atlantic horse mackerel *Trachurus trachurus* (Linnaeus, 1758), which were the most abundant, and 5 cephalopod species, mostly the common cuttlefish *Sepia officinalis* (Linnaeus, 1758). Total weight of landed teleost species reached 75.7 kg, while this of cephalopod species was 7.3 kg.

Morphometric measurements, meristic counts following Ragonese *et al.* (1997), and weights were recorded on fresh specimens. All data is summarized in Table 1. Measurements were carried out to the nearest millimetre while weights to the nearest gram. Both specimens are preserved in the ichthyological collection of Institut National des Sciences et Technologies de la Mer of Salammbô, city located 12 km north of Tunis, Tunisia, with catalogue numbers, INSTM-SPH-Pachy-01 and INSTM-SPH-Pachy-02 (Fig. 2)

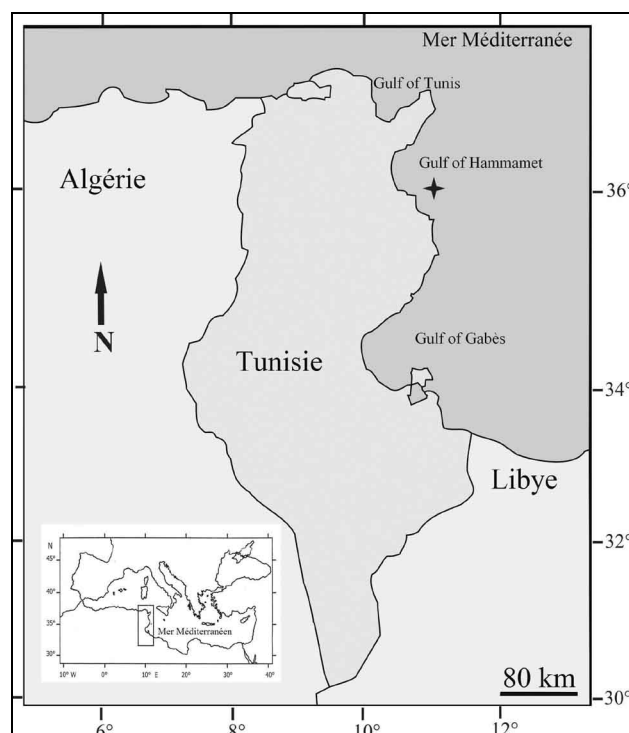


Fig. 1: Map of the Mediterranean showing the Tunisian coast and capture site of the two specimens of *Sphoeroides pachygaster* in the Gulf of Hammamet (black star).

Sl. 1: Zemljevid Sredozemlja s tunizijsko obalo in točko v zalivu Hammamet, kjer sta bila ujeta dva primerka *Sphoeroides pachygaster* (črna zvezda).

RESULTS AND DISCUSSION

Identification was made on the basis of completely smooth skin, on lateral line on each side convoluted, body inflatable, large head and snout rounded, beak-like jaws with two large teeth on each jaw forming a dental plate with entire cutting edge, eye big and oval, pelvic fin absent and caudal fin truncated or slightly concave; colour greyish on dorsal surface with dark spots, belly greyish, caudal fin base dark. The specimen referenced as INSTM-SPH-Pachy-01 was a juvenile female, the second one, INSTM-SPH-Pachy-02, a juvenile male. Additionally, no food or remains of food were found in the guts of specimens.

Morphology, colour, morphometric measurements and counts are in agreement with previous descriptions of specimens from the Mediterranean Sea (Ragonese *et al.*, 1997; Golani *et al.*, 2002; Psomadakis *et al.*, 2006), especially the Algerian specimen (see Hemida *et al.*, 2009). However, slight variations were recorded with special regard to specimens caught off south-western Atlantic coast (see Sampaio *et al.*, 2001).

Tab. 1: Morphometric measurements (in mm and as % TL), meristic counts and weights in grammes, carried out in two *Sphoeroides pachygaster* caught in Tunisian waters. Comparison with the specimen caught off the Algerian coast (Hemida *et al.*, 2009).

Tab. 1: Morfometrične meritve (v mm in kot % TL), meristično štetje in teža v gramih dveh primerkov *Sphoeroides pachygaster*, ujetih v tunizijskih vodah. Primerjava s primerkom, ujetim ob alžirski obali (Hemida *et al.*, 2009).

Reference	INSTM-SPH-Pachy-01		INSTM-SPH-Pachy-02		Hemida <i>et al.</i> (2009)	
Morphometric measurements	mm	% TL	mm	% TL	mm	% TL
Total length (TL)	101.0	100	95.0	100	330	100
Standard length	90.0	89.1	82	86.3	295	89.4
Head length	32.1	31.8	33.4	35.2	100	30.3
Head width	21.5	21.3	20.1	21.2	70	21.2
Head height	25.3	25.0	29.4	30.9	60	18.2
Eye horizontal diameter	8.1	8.0	7.5	7.9	21	6.4
Eye vertical diameter	4.1	4.1	6.5	6.8	21	6.4
Interorbital space	17.9	17.7	17.5	18.4	30	9.1
Snout length	11.4	11.3	8.4	8.8	40	12.1
Postorbital length	10.7	10.6	12.4	13.1	35	10.6
Width of pedunculum	12.1	12.0	11.6	12.2	35	10.6
Width of gill opening	8.2	8.1	6.9	7.3	25	7.6
Predorsal length	61.5	60.9	65.1	68.5	215	65.2
Preanal length	65.7	65.0	66.5	70.0	225	68.2
Dorsal fin length	9.5	9.4	12.4	13.1	25	7.6
Dorsal fin base	6.1	6.0	4.9	5.2	11	3.3
Anal fin length	10.2	10.1	11.6	12.2	30	9.1
Anal fin base length	3.5	3.5	3.2	3.4	11	3.3
Pectoral fin length	13.4	13.3	14.1	14.8	30	9.1
Caudal fin length	15.6	15.4	16.3	17.2	38	11.5
Body thickness	28.9	28.6	29.1	30.6	90	27.3
Body height	33.9	33.6	37.9	39.9	90	27.3
Nostrill greatest diameter	3.7	3.7	4.1	4.3	6	1.8
Nostrill lesser diameter	2.6	2.6	2.2	2.3	4	1.2
Internarial space	13.6	13.5	12.4	13.1	30	9.1
Meristic counts						
Dorsal fin soft rays	8		8		8	
Anal fin soft rays	8		8		8	
Pectoral fin soft rays	15		15		15	
Caudal fin soft rays	12		12		10	
Weights (g)						
Total weight	47.91		41.86			
Eviscerated weight	40.48		32.44			
Liver mass weight	2.59		2.32			
Gonad weight	0.16		0.13			

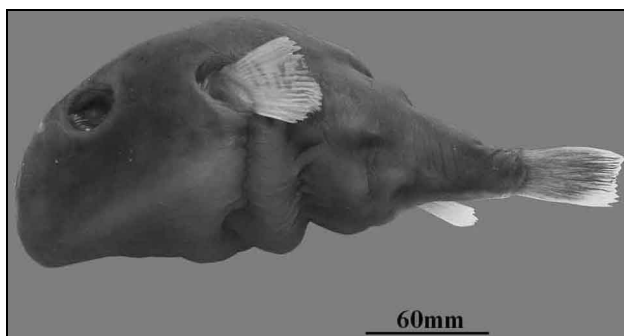


Fig. 2: *S. pachygaster* (INSTM-SPH-Pachy-02) captured in the Gulf of Hammamet (scale bar = 60 mm).

Sl. 2: *S. pachygaster* (INSTM-SPH-Pachy-02), ujet v zalivu Hammamet (merilo = 60 mm).

This new finding of *S. pachygaster* in Tunisian marine waters constituted the northernmost extension range of the species in the area, where the species could at

present be considered as substantially established, several specimens being previously found in the southern Gulf of Gabès by Bradaï (2000). A migration towards northern Tunisian areas remains a suitable hypothesis, as it was the case with other species such as the filfish *Stephanolepis diaspros* (Fraser-Brünnner, 1940) according to Ben Amor & Capapé (2008), probably due to the fact that Tunisian marine waters as other Mediterranean areas are becoming warmer (Francour *et al.*, 1994), showing both regular and permanent processes of tropicalisation (Quignard & Tomasini, 2000). Additionally, a migration southward from the Algerian coast (see Hemida *et al.*, 2009) cannot be totally excluded. However, further confirmation by genetic methods is needed in the case of a single population from off the Maghreb coast.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors wish to thank three anonymous referees for helpful and useful comments on the manuscript.

NOVI PODATKI O ŠTIRIZOBKI, *SPHOEROIDES PACHYGASTER* (OSTEICHTHYES: TETRAODONTIDAE) IZ OBREŽNIH TUNIZIJSKIH VODA (OSREDNJE SREDOZEMLJE)

Mourad CHERIF, Mohamed Mourad BEN AMOR, Marouene BDIQUI, Skander BEN SALEM & Hechmi MISSAOUI

Institut National des Sciences et Technologies de la Mer, INSTM Centre La Goulette, Port de pêche, 2060 La Goulette, Tunisie

E-mail: benamor7@yahoo.fr

Christian CAPAPÉ

Laboratoire d'Ichtyologie, case 104, Université Montpellier II, Sciences et Techniques du Languedoc, F-34095 Montpellier cedex 5, France

POVZETEK

Podatki o dveh mladostnih štirizobkah *Sphoeroides pachygaster* (Müller & Troschel, 1848) potrjujejo prisotnost vrste v tunizijskih vodah. Primerka sta bila ujeta v zalivu Hammamet, v severovzhodni Tuniziji, kar predstavlja najsevernejši del območja razširjenosti vrste, ki je tu v veliki meri prisotna, po vsej verjetnosti zaradi višjih temperatur vode.

Ključne besede: Osteichthyes, Tetraodontidae, *Sphoeroides pachygaster*, distribucija, Tunizija, Sredozemsko morje

REFERENCES

- Ben Amor, M. M. & C. Capapé (2008):** Occurrence of a filefish closely related to *Stephanolepis diaspros* (Osteichthyes: Monacanthidae) off northern Tunisian coast (south-western Mediterranean). *Cah. Biol. Mar.*, 49, 323–328.
- Blache, J., J. Cadenat & J. Stauch (1970):** Clés de détermination des poissons de mer signalés dans l'Atlantique oriental tropical (entre le 20^{ème} parallèle N. et le 15^{ème} parallèle S.). *Faune Trop.*, ORSTOM, 18, 1–479.
- Bradaï, M. N. (2000):** Diversité du peuplement ichthyologique et contribution à la connaissance des sparidés du golfe de Gabès. Ph.D. Thesis. University of Sfax, Tunisia, 600 p.
- Dulčić, J. (2002):** Northernmost occurrence of *Sphoeroides pachygaster* (Tetraodontidae) in the Adriatic Sea. *Bull. Mar. Sci.*, 70(1), 133–139.
- Francour, P., C. F. Boudouresque, J. G. Harmelin, M. L. Harmelin-Vivien & J.-P. Quignard (1994):** Are the Mediterranean waters becoming warmer? *Mar. Pollut. Bull.*, 28(9), 523–526.
- Golani, D., L. Orsi-Rellini, E. Massuti & J.-P. Quignard (2002):** CIESM Atlas of exotic species in the Mediterranean. Vol. 1. In: Briand, F. (ed.): *Fishes. CIESM Publications*, Monaco, 256 p.
- Hemida, F., M. M. Ben Amor & C. Capapé (2009):** First confirmed record of the blunthead puffer, *Sphoeroides pachygaster* (Osteichthyes: Tetraodontidae) off the Algerian coast (south-western Mediterranean). *Pan-Amer. J. Aquat. Sci.*, 4(2), 188–192.
- Ligas, A., R. Sirna & P. Sartor (2006):** Prima segnalazione di *Sphoeroides pachygaster* (Müller & Troschel, 1848) (Pisces, Tetraodontidae) nel Mar Tirreno Setentrionale. *Biol. Mar. Medit.*, 13, 274–275.
- Ligas, A., R. Sirna & P. Sartor (2007):** New findings of *Fistularia commersonii* Rüppell, 1835 and *Sphoeroides pachygaster* (Müller & Troschel, 1848) in the northern Tyrrhenian Sea. *Atti Soc. Tosc. Sci. nat. Mem. B*, 144, 131–133.
- Peristeraki, P., G. Lazarakis, M. Skarvelis, M. Georgiadis & G. Tserpes (2006):** Additional records on the occurrence of alien fish species in the eastern Mediterranean Sea. *Medit. Mar. Sci.*, 7, 61–66.
- Psomadakis, P. N., P. Ceddia & M. Vacchi (2006):** Additional record of *Sphoeroides pachygaster* (Pisces: Tetraodontidae) in the Tyrrhenian Sea and notes on the distribution of the species in the Mediterranean. *JMBA2-Biodiversity records*, pp. 1–4. <http://www.mba.ac.uk/jmba/pdf/5186.pdf>.
- Quignard, J.-P. & J. A. Tomasini (2000):** Mediterranean fish biodiversity. *Biol. Mar. Medit.*, 7, 1–66.
- Ragonese, S., P. Jereb & U. Morana (1997):** Morphometric relationships of *Sphoeroides pachygaster* (Pisces, Tetraodontidae) of the Strait of Sicily (Mediterranean Sea). *Cah. Biol. Mar.*, 38, 283–289.
- Sampaio, C. L. S., P. R. D. Lopes & G. Olavo (2001):** Registros de *Lagocephalus lagocephalus* (Linnaeus, 1758) e *Sphoeroides testudines* (Müller & Troschel, 1848) (Actinopterygii: Tetraodontidae) para o littoral da Bahia, Nordeste do Brasil. *Interciencia*, 26(4), 157–160.
- Séret, B. & P. Opic (1991):** Poissons de mer de l'Ouest africain tropical. Paris, ORSTOM, 416 p.
- Shipp, R. L. (1990):** Tetraodontidae. In: Quéro, J. C., J. C. Hureau, C. Karrer, A. Post & L. Saldanha (eds.): *Check-list of the Fishes of the eastern tropical Atlantic*. UNESCO, Paris. pp. 1341–1345.

Short scientific article
Received: 2010-05-07

UDC 597.311.4:591.159(262)

ATYPICAL COLORATION IN SMALL-SPOTTED CATSHARK *SCYLIORHINUS CANICULA* (CHONDRICHTHYES: SCYLIORHINIDAE) CAUGHT OFF NORTHERN TUNISIAN COAST (CENTRAL MEDITERRANEAN)

NÉJIA MNASRI, OLFA EL KAMEL & MONCEF BOUMAÏZA

Laboratoire d'Hydrobiologie Littorale et Limnique, Université du 07 novembre à Carthage, Faculté des Sciences, Zarzouna,
7021 Bizerte, Tunisia
E-mail: nejiamnasri@yahoo.com

CHRISTIAN CAPAPÉ

Laboratoire d'Ichtyologie, case 104, Université Montpellier II, Sciences et Techniques du Languedoc, F-34095 Montpellier cedex 5, France

ABSTRACT

Two small-spotted catsharks Scyliorhinus canicula captured off the northern Tunisian coast presented abnormal pigmentation. The first specimen presented overpigmentation of the anterior part of ventral surface. The second specimen showed large darkish areas with white spots on dorsal surface, while the tail and both sides were completely unpigmented. The second specimen constitutes the first well documented case of partial albinism in S. canicula.

Key words: Chondrichthyes, Scyliorhinidae, *Scyliorhinus canicula*, chromatic abnormalities, northern Tunisian coast

COLORAZIONE ATIPICA DI GATTUCCIO *SCYLIORHINUS CANICULA* (CHONDRICHTHYES: SCYLIORHINIDAE) PESCATO AL LARGO DELLA COSTA SETTENTRIONALE DELLA TUNISIA (MEDITERRANEO CENTRALE)

SINTESI

Due esemplari di gattuccio, Scyliorhinus canicula, catturati al largo della costa settentrionale della Tunisia presentavano pigmentazione anomala. Il primo esemplare era iperpigmentato nella parte anteriore della superficie ventrale. Il secondo esemplare esposeva larghe aree scure con punti bianchi sulla superficie dorsale, mentre la coda era completamente priva di pigmento a entrambi i lati. Il secondo esemplare rappresenta il primo caso documentato nel dettaglio di albinismo parziale in S. canicula.

Parole chiave: Chondrichthyes, Scyliorhinidae, *Scyliorhinus canicula*, anomalie cromatiche, costa settentrionale della Tunisia

INTRODUCTION

Chromatic abnormalities, namely total albinism and partial albinism, are rarely reported in chondrichthyan species (*sensu* Bottaro *et al.*, 2005). Total albinism involves lack of pigmentation of the entire body, while partial albinism only affects a part of the body (Boncinelli, 1998). Such phenomena were recorded in sharks (Bottaro *et al.*, 2005; Saïdi *et al.*, 2006), rays (Ben Brahim *et al.*, 1998; Ben Souissi *et al.*, 2007) and a single instance in chimeras (Reum *et al.*, 2008). By contrast, pigmentation of body areas that are normally unpigmented has, to our knowledge, never been reported in chondrichthyan species.

During the research conducted off northern Tunisian coast since June 2006, several chondrichthyan species have been caught, especially small-spotted catsharks, *Scyliorhinus canicula*, known for already several decades to be very abundant in the area (Bourgois & Farina, 1961; Capapé, 1977, 1987; Mnasri, 2008). Among the latter, two specimens presenting atypical characteristics in coloration were collected. In this article, both specimens are described and the observed abnormalities are herein commented.

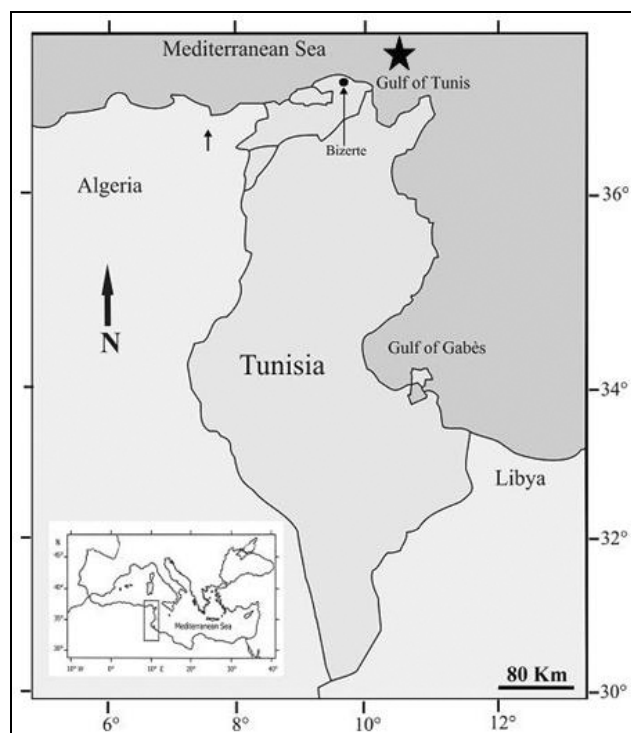


Fig. 1: Map of the Mediterranean showing the Tunisian coast and pointing out the capture site of *Scyliorhinus canicula* off Bizerte (black star).

Sl. 1: Zemljevid Sredozemlja s tunizijsko obalo in označeno točko ulova *Scyliorhinus canicula* pri kraju Bizerte (črna zvezdica).

MATERIAL AND METHODS

Both specimens were caught by commercial trawler, at 150–200 m depths on sandy-muddy bottoms, off Bizerte (northern Tunisia, central Mediterranean; Fig. 1). The first specimen was captured on 04 May 2009 and the second one on 30 September 2009; both were females. Soon after landing, they were determined following Springer (1979), photographed and frozen.

They were later examined for total length (TL) to the nearest millimetre and total mass (TM) to the nearest gram. Morphometric measurements to the nearest millimetre and meristic counts were recorded following Compagno (1984) and compared with two other normal specimens of the same sex, having similar size and mass, and caught in the same area. They are summarized in Table 1. All specimens, two abnormal and two normal, were preserved in 5% buffered formalin, deposited in the Ichthyological Collection of the Faculté des Sciences de Bizerte (Tunisia), receiving catalogue numbers as follows, FSB-Scy-can 01, 02, 03 and 04.

RESULTS

The first specimen, 423 mm TL and 322.4 g TM, was normally brown on dorsal surface and both sides, covered with several lenticular dark spots, belly uniformly beige, without dark spots (Fig. 2). The anterior region of the ventral surface, located between the lower jaw and the posterior base of the pectoral was brownish with characteristic spots and covered by dermal denticles. Similar patterns were observed on the third anterior part of both pectoral fins (Fig. 3). Additionally, the atypical ventral areas were less rough than other regions of the body, especially the dorsal surface, due to the fact that in dorsal areas, dermal denticles were more elongated and sharper than in coloured ventral areas (Fig. 4).



Fig. 2: Adult female of *S. canicula* (ref. FSB-Scy-can 01), captured on 04 May 2009, off Bizerte, scale bar = 50 mm.

Sl. 2: Odrasla samica *S. canicula* (ref. FSB-Scy-can 01), ujeta 4. maja 2009 pri kraju Bizerte, merilo = 50 mm.

Tab. 1: Weights and main morphometric measurements recorded in four female *Scyliorhinus canicula* caught off northern Tunisian coast.**Tab. 1: Teža in glavne morfometrične meritve štirih samic *Scyliorhinus canicula*, ujetih ob severni tunizijski obali.**

	FSB-Scy-can 01		FSB-Scy-can 02		FSB-Scy-can 03		FSB-Scy-can 04	
	mm	%TL	mm	%TL	mm	%TL	mm	%TL
Total weights	322.40		210.60		426.00		271.00	
Total length	470.00	100.00	392.00	100.00	516.00	100.00	423.00	100.00
Precaudal length	372.00	79.15	310.00	79.08	410.00	79.46	335.00	79.20
Fork length	420.00	89.36	347.00	88.52	450.00	87.21	382.00	90.31
Pre-first dorsal length	238.00	50.64	192.00	48.98	251.00	48.64	209.00	49.41
Pre-second dorsal length	320.00	68.09	263.00	67.09	350.00	67.83	290.00	68.56
Prepectoral length	618.00	131.49	59.00	15.05	82.00	15.89	78.00	18.44
Head length	82.00	17.45	61.43	15.67	90.00	17.44	82.00	19.39
Prebranchial space	58.48	12.44	46.73	11.92	69.00	13.37	54.77	12.95
Prespiracle length	37.96	8.08	33.77	8.61	40.75	7.90	36.55	8.64
Preoral length	17.95	3.82	14.21	3.63	18.58	3.60	16.75	3.96
Interdorsal space	57.86	12.31	50.18	12.80	66.66	12.92	51.53	12.18
Pelvic fin length	50.56	10.76	46.51	11.86	52.83	10.24	48.45	11.45
Second dorsal-caudal length	24.47	5.21	27.77	7.08	27.23	5.28	18.98	4.49
Prepelvic length	182.00	38.72	155.00	39.54	205.00	39.73	162.00	38.30
Preanal length	280.00	59.57	222.00	56.63	300.00	58.14	237.00	56.03
Pelvic-anal length	100.00	21.28	70.00	17.86	97.00	18.80	78.00	18.44
Pelvic-caudal length	190.00	40.43	146.00	37.24	195.00	37.79	162.00	38.30
Anal-caudal length	51.00	10.85	35.00	8.93	45.00	8.72	40.00	9.46
Snout-vent length	192.00	40.85	165.00	42.09	216.00	41.86	171.00	40.43
Vent-caudal length	182.00	38.72	140.00	35.71	185.00	35.85	150.00	35.46
Prenasal length	9.89	2.10	9.40	2.40	12.62	2.45	11.90	2.81
Intergill length	5.80	1.23	4.98	1.27	8.98	1.74	5.35	1.26
Eye width	14.43	3.07	13.29	3.39	15.25	2.96	14.22	3.36
Eye height	8.63	1.84	10.05	2.56	14.75	2.86	10.70	2.53
Internasal length	19.11	4.07	17.12	4.37	21.66	4.20	18.30	4.33
Mouth width	30.69	6.53	25.98	6.63	31.96	6.19	27.69	6.55
First dorsal height	24.48	5.21	15.69	4.00	23.76	4.60	18.48	4.37
First dorsal base	25.78	5.49	22.41	5.72	30.30	5.87	25.88	6.12
First dorsal inner margin	10.72	2.28	10.82	2.76	14.06	2.72	10.66	2.52
First dorsal anterior margin	38.41	8.17	36.00	9.18	43.74	8.48	38.49	9.10
Second dorsal height	15.39	3.27	11.29	2.88	15.86	3.07	14.51	3.43
Second dorsal base	20.81	4.43	19.03	4.85	27.19	5.27	22.57	5.34
Second dorsal inner margin	10.15	2.16	10.80	2.76	12.20	2.36	10.27	2.43
Second dorsal anterior margin	34.33	7.30	28.78	7.34	36.46	7.07	31.61	7.47
Pectoral height	37.45	7.97	32.47	8.28	40.64	7.88	39.87	9.43
Pectoral inner margin	29.30	6.23	25.44	6.49	28.32	5.49	27.64	6.53
Pectoral anterior margin	65.57	13.95	49.31	12.58	56.67	10.98	56.34	13.32
Caudal anterior margin	99.45	21.16	79.90	20.38	106.05	20.55	90.70	21.44
Caudal terminal lobe	23.30	4.96	19.60	5.00	26.09	5.06	20.54	4.86
Seconde dorsal insertion-anal insertion	23.94	5.09	16.90	4.31	20.60	3.99	16.46	3.89
Seconde dorsal origin-anal origin	44.19	9.40	39.87	10.17	50.57	9.80	46.03	10.88
Trunk height	44.04	9.37	36.23	9.24	45.88	8.89	38.16	9.02
Caudal peduncle height	14.95	3.18	12.95	3.30	16.36	3.17	14.31	3.38
Counts								
Tooth rows upper jaw	46		47		47		46	
Tooth rows lower jaw	42		39		41		42	

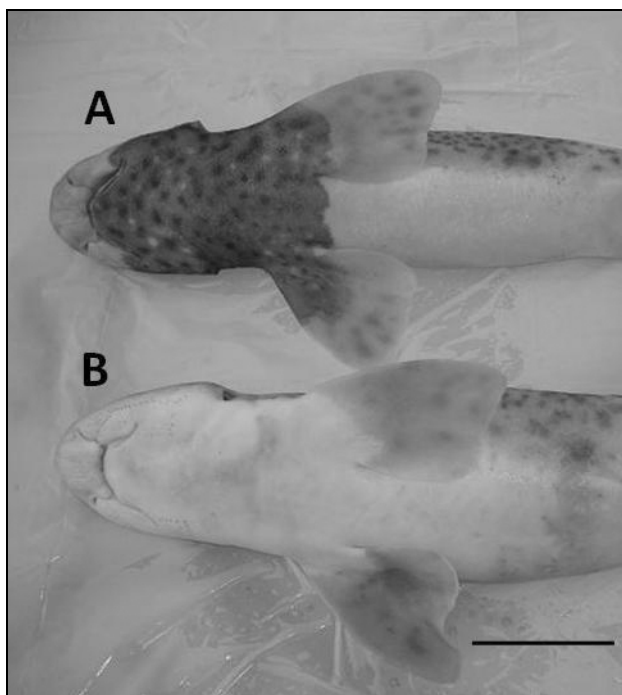


Fig. 3: *S. canicula*. **A** – abnormal specimen, **B** – normal specimen.

Sl. 3: *S. canicula*. **A** – abnormalen primerek, **B** – normalen primerek.

The second specimen, 392 mm TL and 210.6 g (Fig. 5), presented in its anterior part of the dorsal surface large darkish areas, rather rectangular, similar to those generally described in the blackmouth catshark *Galeus melastomus* Rafinesque, 1810. No dark spots were observed in this area; they were replaced by white spots. Additionally, the tail and both lateral sides presented the total lack of pigmentation, while eyes exhibited normal pigmentation. More than 60% of the body remained unpigmented.

DISCUSSION

Aberrant colorations play no role in the development of *S. canicula*, morphometric measurements and percent to total length are very similar in all specimens presented in Table 1. Such observations were also given in ichthyological literature (Taniuchi & Yanagisawa, 1987; Bottaro *et al.*, 2005; Reum *et al.*, 2008).

Occurrence of additional pigmentation observed in the first specimen had no pathological origin; however it appears difficult to explain: a genetic origin could be a suitable hypothesis, but needs to be confirmed even if such phenomenon remains extremely rare. Namely, we have documented a single case to date in *S. canicula* and probably among chondrichthyan species.

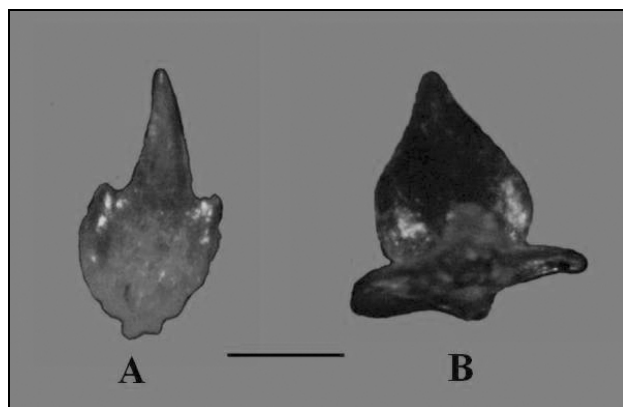


Fig. 4: Dermal denticle of abnormal *S. canicula*. **A** – dorsal surface, **B** – ventral surface, scale bar = 0.5 mm.

Sl. 4: Kožnat zobec abnormalnega primerka *S. canicula*. **A** – zgornji del, **B** – spodnji del, merilo = 0,5 mm.

The second specimen is a new case of partial albinism in agreement with Bottaro *et al.* (2005), who considered this definition more accurate than leucism applied by Bechtel (1995) to specimens having partial depigmentation of the body surface and normal retinal pigmentation. Additionally, it is the first case of partial albinism recorded among thousands of small-spotted catsharks observed for several decades, confirming the rarity of this phenomenon in chondrichthyan species.

Formerly, Vilter (1937) noted that lack of pigmentation represented a disadvantage for sharks and rays, as predators or preys, with such phenomenon advertising their presence in biological environment. However, the size of the observed specimens in this paper as in other papers shows that total or partial albinism or more generally aberrant colorations did not compromise normal development of species presenting such phenomenon.

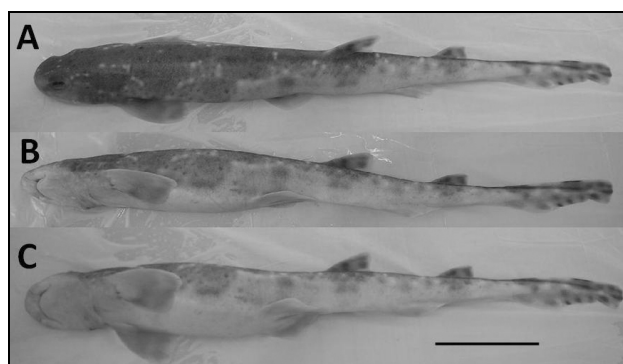


Fig. 5: Partial albinism of *S. canicula* (ref. FSB -Scy -can 02). **A** – dorsal view, **B** – lateral view, **C** – ventral view, scale bar = 50 mm.

Sl. 5: Delni albinizem pri *S. canicula* (ref. FSB -Scy -can 02). **A** – dorzalni pogled, **B** – lateralni pogled, **C** – ventralni pogled, merilo = 50 mm.

ATIPIČNA OBARVANOST NAVADNE MORSKE MAČKE *SCYLIORHINUS CANICULA* (CHONDRICHTHYES: SCYLIORHINIDAE), UJETE OB TUNIZIJSKI OBALI (OSREDNJE SREDOZEMLJE)

NÉJIA MNASRI, OLFA EL KAMEL & MONCEF BOUMAÏZA

Laboratoire d'Hydrobiologie Littorale et Limnique, Université du 07 novembre à Carthage, Faculté des Sciences,
Zarzouna, 7021 Bizerte, Tunisia
E-mail: nejiamnasri@yahoo.com

CHRISTIAN CAPAPÉ

Laboratoire d'Ichtyologie, case 104, Université Montpellier II, Sciences et Techniques du Languedoc, F-34095 Montpellier cedex 5, France

POVZETEK

Pri dveh navadnih morskih mačkah Scyliorhinus canicula, ujetih ob severni tunizijski obali, je bila opažena atipična pigmentacija. Pri prvem primerku smo zabeležili prekomerno pigmentacijo prednje strani spodnjega dela telesa. Zgornji del telesa drugega primerka je bil pokrit z velikimi temnimi lisami in belimi pikami, medtem ko so bili rep in obe strani telesa popolnoma brez pigmenta. Drugi primerek tako predstavlja prvi podrobneje dokumentirani primer delnega albinizma pri S. canicula.

Ključne besede: Chondrichthyes, Scyliorhinidae, *Scyliorhinus canicula*, barvne nepravilnosti, severna tunizijska obala

REFERENCES

Bechtel, H. B. (1995): Reptile and amphibian variants colors, patterns, and scales. Krieger Publishing Company, Malabar, Florida, 206 p.

Ben Brahim, R., A. A. Seck & C. Capapé (1998): Albinisme chez la torpille ocellée, *Torpedo (Torpedo) torpedo* (Linnaeus, 1758). *Cybium*, 22, 83–86.

Ben Souissi, J., D. Golani, H. Mejri, M. Ben Salem & C. Capapé (2007): First confirmed record of the Halave's guitarfish, *Rhinobatos halavi* (Forsskal, 1775) (Chondrichthyes: Rhinobatidae) in the Mediterranean Sea with the description of a case of albinism in elasmobranchs. *Cah. Biol. Mar.*, 48, 67–75.

Boncinelli, E. (1998): I nostri geni. Einaudi Editore, Torino, 288 p.

Bottaro, M., S. Ferrando, L. Gallus, L. Girosi & M. Vacchi (2005): First record of albinism in the deep water shark *Dalatias licha*. JMBA2-Biodiversity Records, Published online. <http://www.mba.ac.uk/jmba/pdf/5115.pdf>

Bourgeois, P. & L. Farina (1961): Les essais de chalutage au large des côtes tunisiennes. Rapport EPTA, no. 1410, FAO, 32 p.

Capapé, C. (1977): Contribution à la biologie des Scyliorhinidae des côtes tunisiennes. I. *Scyliorhinus canicula* (Linné, 1758): répartition géographique et bathymétrie, sexualité, reproduction, fécondité. *Bull. Off. Natn. Pêch. Tunisie*, 1(1), 83–101.

Capapé, C. (1987): Propos sur les Sélaciens des côtes tunisiennes. *Bull. Inst. Natl. Sci. Tech. Oceanogr. Pêche Salammbô*, 14, 15–32.

Compagno, L. J. V. (1984): FAO species catalogue. Vol. 4, Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of sharks species known to date. FAO Fisheries Synopsis No. 125, vol. 4, part 1 (noncarcharhinoids), pp. viii, 1–250, part 2 (Carcharhiniformes), pp. x, 251–655. UN Development Programme/FAO.

Mnasri, N. (2008): Les élasmobranches de la Tunisie septentrionale: biodiversité et méthode d'approche de la production débarquée. PhD Dissertation. Université du 7 novembre à Carthage, Faculté des Sciences de Bizerte (Tunisia), 125 p.

Reum, J. C., C. E. Paulsen, T. W. Pietsch & S. L. Parker-Stetter (2008): First record of an albino chimaeriform fish, *Hydrolagus colliei*. *Northw. Natur.*, 89(1), 60–62.

Saidi, B., M. N. Bradai, S. Marouani, O. Guélorget & C. Capapé (2006): Atypical characteristics of an albino embryo of *Carcharhinus plumbeus* (Chondrichthyes: Carcharhinidae) from the Gulf of Gabès (southern Tunisia, central Mediterranean). *Acta Adriat.*, 47(2), 167–174.

Springer, S. (1979): A revision of the catsharks, family Scyliorhinidae. NOAA Technical Report, NMFS Circular no. 422, 152 p.

Taniuchi, T. & F. Yanagisawa (1987): Albinism and lack of second dorsal fin in an adult tawny nurse shark, *Nebrius concolor*, from Japan. *Jpn. J. Ichthyol.*, 34(3), 393–395.

Vilter, V. (1937): Recherches histologiques et physiologiques sur la fonction pigmentaire des sélaciens. *Bull. Sta. biol. Arcachon*, 34, 1–136.

Original scientific article
Received: 2010-04-16

UDC 551.44(497.471)

ACCESSES FROM THE SURFACE TO THE POSTOJNA CAVE SYSTEM

Stanka ŠEBELA

Karst Research Institute ZRC SAZU, SI-6230 Postojna, Titov trg 2, Slovenia
E-mail: sebel@zrc-sazu.si

ABSTRACT

Besides known entrances into the Postojna cave system there are also other, less known accesses from the surface. Some are just widened fissures not big enough for a man to pass, functioning as breathing holes; others are smaller entrances that were in use 100 or more years ago and are no longer accessible. With the use of surface topographic maps (1:5000) and cave maps (1:500), the thickness of the cave roof on selected places in the Postojna cave system was calculated. Six interesting places with great potentials for cave continuation were determined (Matevžev Rov, chimney south of Koncertna Dvorana, side passage in Lepe Jame, Ruglovica, Puharnik Pri Pivki Jami and breathing holes in Vodni Dol and Kozja Jama collapse dolines). Velika Jeršanova doline is regarding the results of manual drilling of the sediments at its bottom not only a former collapse doline but a roofless cave as well.

Key words: Postojna karst, cave entrances, history of explorations, Postojna cave system, Slovenia

ACCESSI DALLA SUPERFICIE NEL SISTEMA DELLE GROTTA DI POSTUMIA

SINTESI

Il sistema delle grotte di Postumia vanta, oltre che i ben noti ingressi principali, anche altri minori e meno conosciuti, accessibili dalla superficie. Alcuni accessi sono fessure allargate, non abbastanza larghe per il passaggio dell'uomo, ma che funzionano quali fori per il passaggio dell'aria. Altre entrate minori che ora non sono più accessibili, venivano usate più di 100 anni or sono. Con l'uso di mappe topografiche superficiali (1:5000) e mappe delle grotte (1:500) è stato calcolato lo spessore del tetto in determinate aree del sistema delle grotte di Postumia. Sei aree interessanti, con grandi potenziali per la continuazione delle grotte, sono state localizzate (la Galleria di Matevž, il camino a sud della Sala dei Concerti, la galleria secondaria nelle Grotte Belle, Ruglovica, Puharnik vicino alla Grotta di Pivka e i fori per il passaggio dell'aria nelle doline collassate di Vodni Dol e Kozja Jama). In seguito a risultati sedimentologici di trivellazioni manuali, la Velika Jeršanova dolina è considerata non solo quale antica dolina collassata ma anche come grotta senza tetto.

Parole chiave: carso di Postumia, entrate delle grotte, storia delle esplorazioni, sistema delle grotte di Postumia, Slovenia

INTRODUCTION

Even if cavers are working hard to extend many Slovene caves, the Postojna cave system still represents the longest known cave system (20,570 m) in Slovenia. The cave system has several known entrances:

1. ponor entrance of the Pivka River (511 m) (Fig. 1)
2. entrances from the artificial platform (529.5 m) (Fig. 2)
3. entrance to the Otoška Jama (531.7 m) (Fig. 3)
4. Magdalena shaft entrance (562 m) (Fig. 4)
5. Črna Jama entrance (531 m) (Fig. 5)
6. Pivka Jama entrance (550 m) (Fig. 6)

Gospodarič (1985) defined the entrances to Otoška, Magdalena, Črna and Pivka Jama as secondary collapse dolines.

Besides known entrances there are also other, less known accesses from the surface. Some are just widened fissures not big enough for a man to pass, functioning as breathing holes, others are small entrances that were in use 100 or more years ago and are no longer accessible (e.g., Matevžev Rov). There are also some old entrances that are completely filled with sediments, as the one east of Biospeleološka Postaja (Bavdek, 2003), and cases where the karstological processes on the surface draw the dolines or collapse dolines near the underlying cave passages, as in the case of Pisani Rov.

In Postojna karst area there are also some horizontal caves and shafts that do not have the connection with

the Postojna cave system, but at least some of them probably belong to the older stages of the speleogenesis, meaning that in the past they were connected with active passages of the Postojna cave system (Zguba Jama, Jama Koliševka, Jama Na Poti (Šebela, 1994a)).

The area between the Postojna and Planina cave system was always of a big interest due to the unknown underground connection between both caves. There are still at least 1,450 m of unknown passages. The dives in 1998 and 1999 performed by Vrhovec made a big step in understanding the underground Pivka flow towards the Planina cave system.

METHODOLOGY

Geodetic map (Gallino, 1924/28) of cave passages together with digital model relief of the surface (10 m contour lines) were used to represent the position of cave passages regarding the surface karst features (Fig. 7). The position of registered caves in the area (Kataster jam IZRK ZRC SAZU) and position of other caves (Šebela, 1994a, 1994b) were marked on the map as well. From the map of the cave (1:500; Gallino, 1924/28) and from the topographic maps (1:5000), the thickness of particular parts of the cave roof was calculated (Table 1, Fig. 8). Old records (Kataster jam IZRK ZRC SAZU) were studied to better understand the historic connections between the surface and the underground.

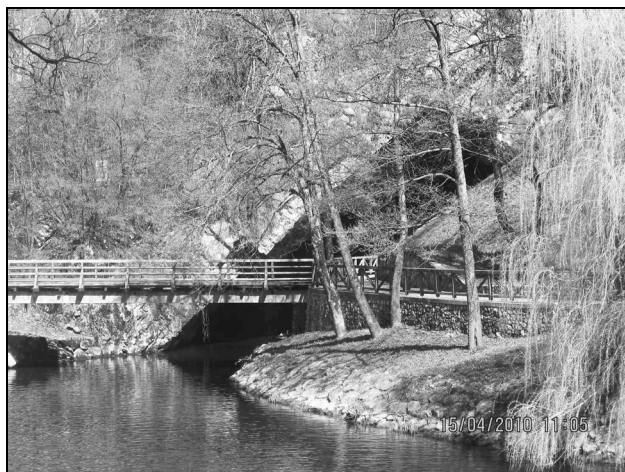


Fig. 1: Ponor entrance of the Pivka River (511 m). (Photo: S. Šebela)

Sl. 1: Ponorni vhod reke Pivke (511 m). (Foto: S. Šebela)

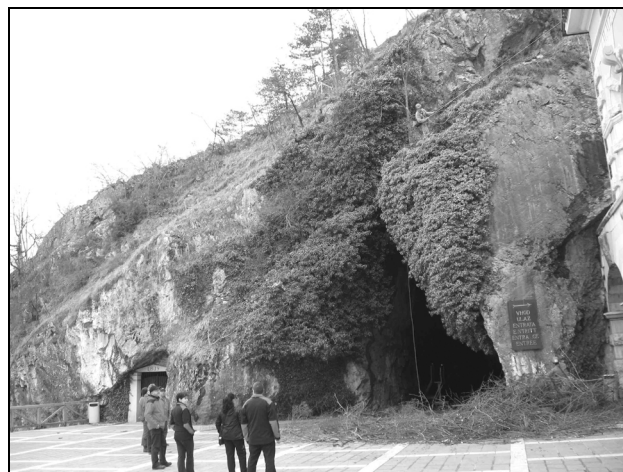


Fig. 2: Entrances from the artificial platform (529.5 m), 15th March 2008. The bigger entrance on the right was filled with sediments until 1866. (Photo: S. Šebela)

Sl. 2: Vhoda z umetne ploščadi (529,5 m), 15. marec 2008. Večji vhod na desni je bil do leta 1866 zasut s sedimenti. (Foto: S. Šebela)



Fig. 3: The entrance to Otoška Jama (531.7 m). (Photo: S. Šebela)

Sl. 3: Vhod v Otoško jamo (531,7 m). (Foto: S. Šebela)



Fig. 4: Magdalena shaft entrance (562 m). (Photo: S. Glažar)

Sl. 4: Vhod v Magdaleno jamo (562 m). (Foto: S. Glažar)

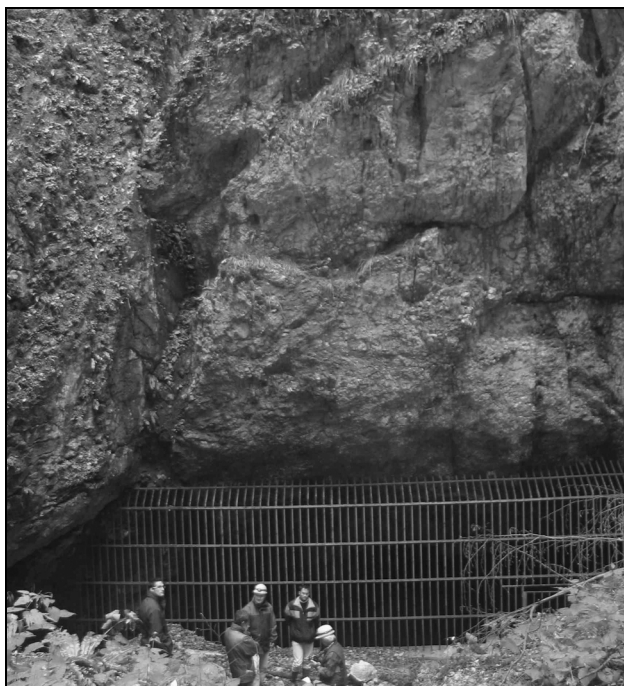


Fig. 5: Črna Jama entrance (531 m). (Photo: S. Šebela)

Sl. 5: Vhod v Črno jamo (562 m). (Foto: S. Šebela)

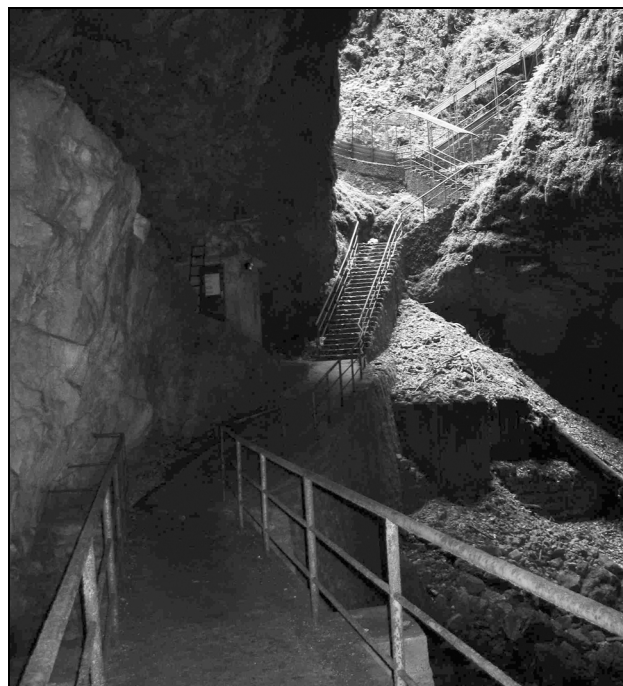


Fig. 6: Pivka Jama entrance (550 m), 30th July 2007. (Photo: S. Šebela)

Sl. 6: Vhod v Pivko jamo (550 m), 30. julij 2007. (Foto: S. Šebela)

RESULTS AND DISCUSSION

Cave entrances and breathing holes

Matevžev Rov, accessible from Črna Jama, was discovered by Matevž Vilhar from the village of Otok around the year 1900 (Kataster jam IZRK ZRC SAZU).

On 16th May 1956, Ivan Michler, Franc Hribar, Silvo Modričan and Zmago Žele (at point R, Fig. 9) enlarged the continuation of Matevžev Rov towards the west. They reached a smaller room decorated with stalagmites. On the western wall of the room marked with Š (Fig. 9), they noticed the inscription: *Matevž Črnač*

from Veliki Otok and Franc Dolenc were here in 1852. It was partly written in Gothic letters. But the passage did not finish there, it continued further to the west into the high room decorated with stalagmites, stalactites and colourful flowstone (the room marked with Z on Fig. 9). At the northern edge of the room, they found a pile (1 m high and 0.75 m long and wide) of broken or sawn off stalagmites and stalactites (10–15 cm in diameter). This was the evidence of unofficial trade with stalagmites and stalactites (Kataster jam IZRK ZRC SAZU). Namely, people used to bring stalactites from Matevžev Rov and sell them at the entrance of the Postojna caves (Habe, 1986).

Tab. 1: The thickness of cave roof for 35 selected areas in the Postojna cave system.

Tab. 1: Debelina jamskega stropa za 35 izbranih mest v Postojnskem jamskem sistemu.

Point	Bottom (m)	Ceiling (m)	Surface (m)	Thickness of the roof (m)	Bottom of collapse doline (m)	Top of the hill (m)
1	523	525	576	51		
2	530	532	577	45		
3	535.2	537.2	578.5	41.3		
4	546	548	613	65		
5	565.2	567.2	612	44.8		
6	533	536	617	81		
7	527	542	618	76		
8	525.52	533.52	639	105.48		
9-Rov brez imena	552.6	554	633	79		
10	556.7	558	594.3	36.3		
11-Pisani Rov	535.5	537.5	572	34.5	535 (Velika Jeršanova doline)	
12	520.2	525.2	622	96.8		
13	557	559	620	61		
14-Velika Gora	561.4	565.4	630	64.6		632.7 (Nemčji Vrh)
15	523	528	592	64		
16	526	527	585	58		
17	540	543	587	44		
18	549.8	552	600	48		
19	520.4	528.4	573	44.6		
20	517.2	527.2	572	44.8		
21	526.4	530	567	37		
22-Matevžev Rov	509	512	550	38	523	
23	496	498	547	49	529	
24-Otoška Jama	539.7	543	562	19		
25-Zgornji Tartarus	533.2	536.2	570	33.8	554 (Stara Apnenica)	
26-Tartarus	529.8	532	608	76	573	
27	506	509	605	96		
28-Koncertna Dvorana side passage	524	526	596	70		
29-Pivka ponor	511					
30-entrance to Otoška Jama	531.7	533				
31	498	500	569	69		
32-entrance to Magdalena Jama	562					
33	492	500	558 (506)	6	506 (Ruglovica)	
34-entrance to Pivka Jama	485		550	55		
35-end sifon in Pivka Jama	477.2	481	550	69		

Matevžev Rov is not on the cave map by Perko & Gradenigo (1924). It was not drawn on the map by Gallino (Gallino, 1924/28) either. According to Shaw (2006), the name Matthäusgang (Matevžev Rov) appears for the first time in Šerko & Michler (1958).

During the construction works for the underground railway in 1966 in the southern part of Koncertna Dvorana, a chimney (Fig. 8, number 28) following the fault 205/75 was discovered. Alojz Vadnjal and Zmago Žele followed a strong wind blow and after about 60 m reached the gravels. While digging the gravels, they reached the bottom of a collapsed doline (580 m), which led them to think they were close to the surface (Gospodarič, 1969). The Dinaric-oriented (NW-SE) passage is 64 m long and 72 m high. The passage represents corrosionally widened fault. The passage was never connected with the surface because there is still about 8 m of gravel plugging the upper-most end of the passage (Kataster jam IZRK ZRC SAZU).

During the water tracing test in 1993 (Kogovšek, 1995), Franjo Drole and Jurij Hajna climbed the chimney called Rov Pri Mumiji from the cave towards the

surface. In 1998 a map was drawn by F. Drole and J. Hajna, representing a system of vertical passages 28 m high (Kataster jam IZRK ZRC SAZU). There was still about 70 m of vertical distance to the surface, but due to the narrow passage the continuation was not possible. On the surface, in a doline two breathing holes that are connected with this vertical passage were detected already in 1994 (Šebela, 1994b).

Number 16 (Fig. 8) represents a small side passage in Lepe Jame that was about 50 years ago artificially enlarged by Alojz Vadnjal and Zmago Žele to turn it into a strong blowhole. There were suggestions of cave continuation at this point. Since after about 5–6 m of digging the new passages were not found, the continuation stopped.

In cold winter days early in the morning, warm cave air comes out of breathing holes and melts the snow. One of such breathing holes in the Postojna karst area is situated in the zone with obvious gravimetric deficiency detected by geophysical research in years 1931–1932 (Anelli, 1936).

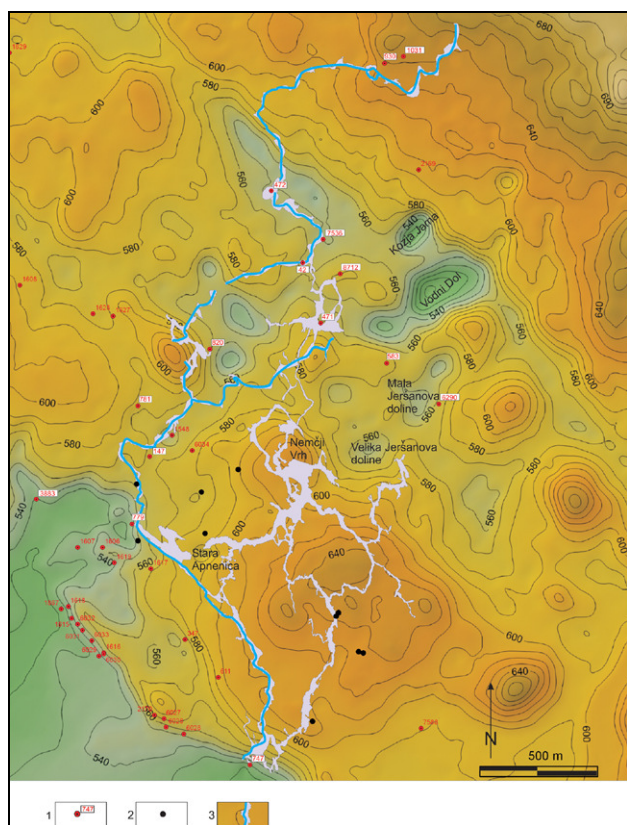


Fig. 7: Digital model relief of the surface with 10 m contour lines, the Postojna cave system ground plan and other known caves in the area. Cartography of digital model relief by J. Hajna. Legend: 1: cave entrance with cave register number (Kataster jam IZRK ZRC SAZU): 42-Ruglovica, 147-Jama Koliševka, 471-Črna Jama, 472-Pivka Jama, 583-Jama Na Poti, 747-Postojnska Jama, 779-Otoška Jama, 781-Ledena Jama Pod Magdaleno Goro, 820-Magdalena Jama, 930-Brezno V Hrenovških Talih, 1031-Jama V Hrenovških Talih, 3883-Spodmol V Risovcu, 6290-Zguba Jama, 7536-Puhalik Pri Pivki Jami, 8712-Brezno Pri Črni Jami; 2: smaller caves not registered in Kataster jam IZRK ZRC SAZU, 3: cave ground plan with the underground Pivka River.

Sl. 7: Digitalni model reliefa površja z izohipsami na 10 m, tlorisom Postojnskega jamskega sistema in drugimi poznanimi jamami. Kartografijo digitalnega modela reliefa je opravil Jurij Hajna. Legenda: 1: jamski vhod s katastrsko številko (Kataster jam IZRK ZRC SAZU), 42-Ruglovica, 147-Jama Koliševka, 471-Črna jama, 472-Pivka jama, 583-Jama na poti, 747-Postojnska jama, 779-Otoška jama, 781-Ledena jama pod Magdaleno goro, 820-Magdalena jama, 930-Brezno v Hrenovških talih, 1031-Jama v Hrenovških talih, 3883-Spodmol v Risovcu, 6290-Zguba jama, 7536-Puhalik pri Pivki jami, 8712-Brezno pri Črni jami; 2: manjše jame, ki niso registrirane v Katastru jam IZRK ZRC SAZU; 3: tloris jamskih rogov s podzemeljsko Pivko.

Above the known passages of the Postojna cave system Anelli (1937) determined 8 breathing holes with very possible interconnection and 7 breathing holes between the Postojna and Planina cave systems. In Vodni Dol collapse doline (Fig. 7), the air coming out of the breathing hole had a temperature of 6 °C with outer temperature of 0.5 °C on 7th February 1935 (Anelli, 1937). Very prospective breathing holes in Vodni Dol and Kozja Jama are nowadays still not connected with possible underground passages.

Connecting the position of Anelli's (1937) breathing holes with actual known caves (Kataster jam IZRK ZRC SAZU) is not easy, because of the probable location mistakes in the past.

In the Postojna karst area, there are some interesting caves that are not connected with the actual Postojna cave system, but are probably part of the same hydrologic system. The passage of Jama Koliševka (Fig. 7, 147) is situated at 527 m (Michler & Hribar, 1959) and about 27 m below there is an underground passage of the Pivka River. Jama Na Poti and Zguba jama (Fig. 7, 583 and 6290) were already known by Martel (1894). Jama Na Poti is described as a former continuation of Pisani Rov (Martel, 1894; Gospodarič, 1969; Šebela, 1994a; Šebela & Čar, 2000). Today its entrance is hidden by collapsed blocks and soil.

Ledena Jama Pod Magdaleno Goro (Fig. 7, 781) is 46 m deep and reaches 544 m at its bottom. It is situated about 100 m north of Jama Koliševka.

Spodmol V Risovcu (Fig. 7, 3883) is known for Paleolithic findings (Brodar, 1970). The cave's entrance is at 532 m, the cave is about 50 m long.

About 50–100 m north of the underground Pivka following the siphon in Pivka Jama there are two caves, Jama V Hrenovških Talih and Brezno V Hrenovških Talih (Fig. 7, 1031 and 930). The first one is a gently dipping shorter cave and the second one is a 105 m deep shaft (*Catasto storico Venezia Giulia* (VG) 3041 – *Pozzo a N del Abisso della Piuca* (Kataster jam IZRK ZRC SAZU)). The bottom of the shaft is about 25 m above the underground Pivka level.

The shaft Puhlnik Pri Pivki Jami (Fig. 7, 7536) is 30 m deep. Its entrance is at 550 m and is situated directly above the passages of Pivka Jama. There is still about 25 m of unknown connection between the shaft and the underground passage. The shaft is a strong breathing hole.

Brezno Pri Črni Jami (Fig. 7, 8712) is 40 m long and 14 m deep with two entrances. The cave is situated about 50 m north of the known passages of Črna Jama with the lowest level at 550 m, which is about 40 m higher than passages of Črna Jama. The cave was described by Anelli (1936) and classified under the number 1220 VG (Kataster jam IZRK ZRC SAZU).

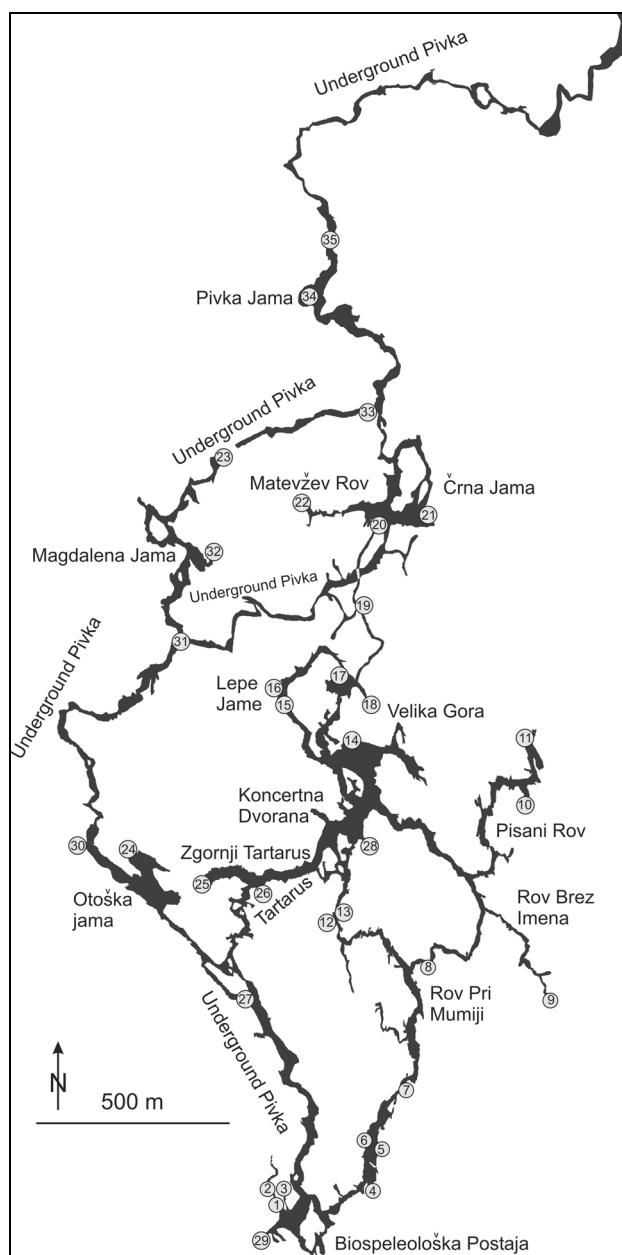


Fig. 8: Selected places for the calculation of thickness of cave ceiling between the surface and the Postojna cave system regarding Table 1.

Sl. 8: Izbrana mesta za izračunano debelino jamskega stropa, med površjem in Postojnskim jamskim sistemom glede na Tabelo 1.

Collapse dolines and cave passages

Geodetic measurements of the bottom of Velika Jeršanova doline and the position of Pisani Rov were performed in 1969 (Gospodarič) and in 1993 (Šebela, 1994a). The bottom of Velika Jeršanova doline was determined with a laser theodolite by Franjo Drole at 535

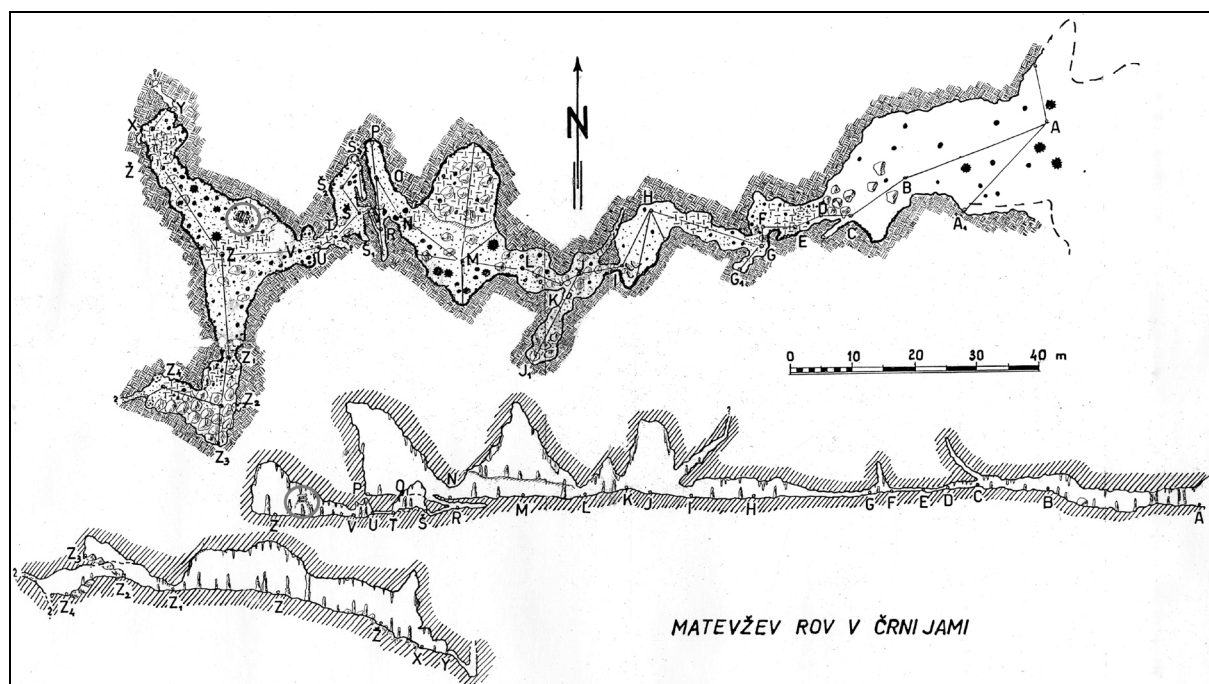


Fig. 9: Matevžev Rov after 1956 (Kataster jam IZRK ZRC SAZU). The circles near point Z mark a pile of stalagmites and stalactites ready to be transported to the surface and unofficially sold to cave visitors.

Sl. 9: Matevžev Rov po letu 1956 (Kataster jam IZRK ZRC SAZU). Kroga pri točki Z označujeta skladišnico stalagmitov in stalaktitov pripravljenih za prenos na površje in neuradno prodajo jamskim obiskovalcem.

m (Šebela, 1994a), while on topographic map 1:5000 it is set at 539.0 m. The bottom of the northern edge of Pisani Rov is at 535.5 m (Šebela & Čar, 2000). In February 1949, Pretner found two live troglodene beetles species *Stomis rostratus* Sturm, some spiders (*Troglyphus cavicola* Kollar and *Troglyphus neglectus* Krauss) and some crickets in Pisani Rov; the species can be found at cave entrances (Gospodarič, 1969).

The ground-level in Črna Jama (number 20, Fig. 8, Tab. 1) is situated at 517.2 m. The bottom of Vodni Dol collapse doline (Fig. 7) is in its central part at 496 m, eastern part at 520 m and western part at 521 m. Kozja Jama collapse doline (Fig. 7) has the bottom at 502 m. Deepening of both collapse dolines cut off the former connection from Črna Jama towards probably unknown passages in the area of Vodni Dol and Kozja Jama.

The origin of Stara Apnenica (Fig. 7) is closely connected with an important crushed zone in the direction almost E-W (160-190/90). The bottom of Stara Apnenica is at 554 m. The development and deepening of Stara Apnenica cut off the possible connection between Otoška Jama and Zgornji Tartarus passage (Gospodarič, 1976, 1985).

On the surface, on the gravel bottom of Stara Apnenica collapse doline Pretner found a cave beetle *Bathyscymorphus byssinus* Schiödte that probably originated in Zgornji Tartarus or Otoška Jama (Gospodarič, 1969).

Characteristics of sediments at the bottom of Velika Jeršanova doline

Because of the supposed cut-off of Pisani Rov passage with the lowering of Velika Jeršanova doline the drilling with manual drilling set was performed on 18th May 2000 (Fig. 10). The idea was to determine the thickness and the origin of sediments. After 2.5 m we reached the cave sediments (Fig. 11). The first change in colour appeared at 2.35 m where the colour changed from dark brown and brown to dark yellowish brown 10YR4/6 (Munsell Soil Color Charts, 1975). At 2.5 m the colour of the sediments was between dark brown and brown 7.5YR4/4. That's the layer of sediments, which can be followed to the depth of 5 m (7.5 YR 5/6 – strong brown) and probably further on. It's cross bedded loam. We did not expect sediments as thick as that and after reaching the depth of 5 m due to the lack of drilling tubes the drilling was stopped. But we can state, with great probability that cave sediments go on for at least a few meters.

The northern end of Pisani Rov is filled with cave sediments that are as regards the texture and colour very similar to other cave sediment fills in the Postojna and Planina cave systems (Šebela & Sasowsky, 1999). The age of such laminated loam was by paleomagnetic analyses detected at less than 730,000 years. In this sense also the deepening of Velika Jeršanova doline to



Fig. 10: Velika Jeršanova doline, manual drilling on 18th May 2000. (Photo: S. Šebela)

Sl. 10: Velika Jeršanova dolina, ročno vrtanje 18. maja 2000. (Foto: S. Šebela)

the level of Pisani Rov can be associated to the same time period (Šebela & Sasowsky, 1999). Zupan Hajna *et al.* (2008) determined Normal polarity and assumed that deposition of the sediment profile at the end of Pisani Rov occurred within the Brunhes chron (<780,000).

Stepišnik (2004) connected loamy sediments from Velika and Mala Jeršanova dolines with the sediment level in Pisani Rov. Loamy material probably originated from Pivka flysch basin.

Velika Jeršanova doline was in 2000 (Šebela & Čar, 2000) described as former collapse doline and by reaching the cave sediments at its bottom by manual drilling, Velika Jeršanova doline is defined as a so-called roofless cave (Mihevc *et al.*, 1998) as well.

The thickness of the ceiling between the surface and the Postojna cave system

On the basis of topographic maps of the surface (1:5000) and cave maps (1:500), the thickness of the selected parts of the ceiling between the surface and the cave (Fig. 8) was calculated (Tab. 1).

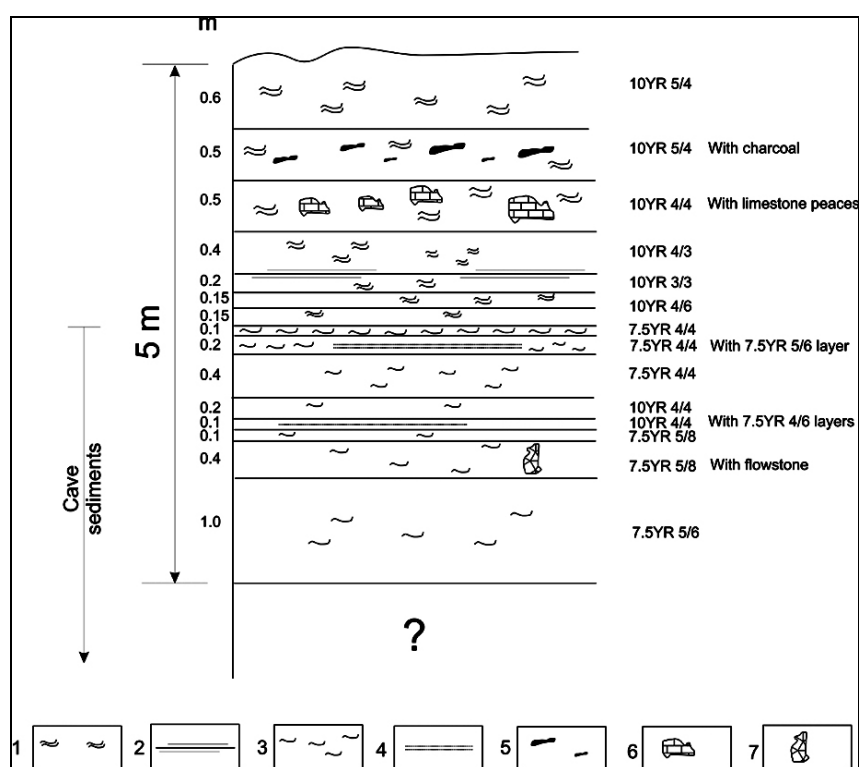


Fig. 11: Sediment profile in Velika Jeršanova doline (colours after Munsell Soil Color Charts, 1975). Legend: 1-loam, 2-laminated loam, 3-laminated cave loam, 4-laminated cave loam with sandy layers, 5-charcoal, 6-limestone pieces, 7-flowstone.

Sl. 11: Sedimentni profil v Veliki Jeršanovi dolini (barve po Munsell Soil Color Charts, 1975). Legenda: 1-ilovica, 2-laminirana ilovica, 3-laminirana jamska ilovica, 4-laminirana jamska ilovica s peščenimi plastmi, 5-ogljje, 6-kosi apnenca, 7-siga.

The thickest ceiling is at number 8 (Tab. 1, Fig. 8), that is 105.48 m. At number 24 (Tab. 1, Fig. 8), in Otoška Jama, it is only 19 m thick. Above prosperous places for possible connections between the cave and the surface there is still 65 m for number 4 (Fig. 8), 34.5 m for the end of Pisani Rov (number 11, Fig. 8), 58 m for number 16 (Fig. 8) with a strong blowhole in Lepe Jame, 70 m (60 m already climbed) at the south side of the passage of Koncertna Dvorana (number 28, Fig. 8), 38 m at the end of Matevžev Rov (number 22, Fig. 8). Above Zgornji Tartarus (number 25, Fig. 8) there is still 33.8 m of cave roof. An interesting result was calculated for Ruglovica (number 33, Fig. 8). Between the bottom of a 52 m deep shaft and the underground Pivka River channel there is only 6 m of ceiling, making this place an interesting starting-point for reaching the underground Pivka by digging.

CONCLUSIONS

The study was performed to find possible prosperous connections between the surface and the underground passages of the Postojna cave system; therefore the thickness of the selected parts of the cave roof was calculated. Interesting places with great potentials are:

- The furthestmost western chamber of Matevžev Rov accessed by local people from the surface at least 100 years ago.
- The 60 m high chimney south of Koncertna Dvorana with still about 8 m of unexplored passage.
- The small side passage in Lepe Jame that was artificially enlarged about 50 years ago to turn it into a strong blowhole. Microclimate studies in this passage show local variability that could be the result of unknown passages in the back (Turk & Šebela, 2009). The place is 190 m south and 28 m above the underground Pivka River.

- Between the bottom of Ruglovica shaft and the underground Pivka River there is only 6 m of cave roof.
- Between the shaft Puhalik Pri Pivki Jami and the underground Pivka River there is still about 25 m of unknown connection.
- Vodni Dol and Kozja Jama collapse dolines are suitable for removing the material from the breathing holes and in this way reaching the unknown parts of the Postojna cave system.

In the Postojna karst area there are some interesting caves (Jama Koliševka, Jama Na Poti, Zguba Jama, Spodmol V Risovcu, Ledena Jama Pod Magdaleno Goro, Brezno Pri Črni Jami) that are not connected with the actual Postojna cave system but are probably part of the same hydrologic system. The deepening of collapse dolines in the Postojna karst area is connected with the development of cave passages. Velika Jeršanova doline is not only a former collapse doline (Šebela & Čar, 2000) but regarding the results of manual drilling of the sediments at its bottom a roofless cave as well.

ACKNOWLEDGEMENTS

The study was performed within the *Karst Research Programme* financed by Slovenian Research Agency and projects: *Expert control and recommendations for management of cave systems (Strokovni nadzor in svetovanje pri upravljanju z jamskimi sistemi)* and *Climatic and biologic monitoring of cave systems (Klimatski in biološki monitoring jamskih sistemov)* financed by Turizem KRAS Destinacijski management d.d. The author would like to thank to Stanislav Glažar (Turizem KRAS Destinacijski management d.d.) for Figure 4 and to Jurij Hajna (Karst Research Institute ZRC SAZU) for cartography of digital model relief of Figure 7.

DOSTOPI S POVRŠJA V SISTEM POSTOJNSKIH JAM

Stanka ŠEBELA

Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, SI-6230 Postojna, Titov trg 2

E-mail: sebel@zrc-sazu.si

POVZETEK

Poleg znanih vhodov v Postojnski jamski sistem obstajajo tudi drugi, manj znani dostopi s površja. Nekateri so le razširjene razpoke, ki niso prehodne in predstavljajo dihalnike, nekateri pa so manjši vhodi, ki so jih uporabljali 100 ali več let nazaj in danes niso več dostopni. Ozemlje med Postojnskim in Planinskim jamskim sistemom je bilo vedno zanimivo zaradi neznane povezave med obema jamama. Med njima je še vedno vsaj 1.450 m neznanih rovov. Za izbrana mesta v Postojnskem jamskem sistemu smo izračunali debelino stropa. Uporabili smo podatke površinskih topografskih kart (1:5000) in jamske karte (1:500). Da bi razumeli zgodovinske dostope med površjem in

podzemljem, smo proučevali zgodovinske zapise. Namen študije je bil ugotoviti možne ugodne povezave med površjem in podzemljem. Določenih je bilo šest zanimivih mest z velikim potencialom za napredovanje (Matevžev rov, kamin južno od Koncertne dvorane, stranski rov v Lepih jamah, Ruglovica, Puhalik pri Pivki jami in dihalniki v udornicah Vodni dol in Kozja jama). Na Postojnskem krasu je tudi več jam (Jama Koliševka, Jama na poti, Zguba jama, Spodmol v Risovcu, Ledena jama pod Magdaleno goro, Brezno pri Črni jami), ki niso več povezane z rovi Postojnskega jamskega sistema, vendar so v svoji speleološki preteklosti verjetno pripadale istemu hidrološkemu sistemu. Poglobljanje udornic na Postojnskem krasu je povezano z razvojem jamskih rogov. Velika Jeršanova dolina ni le bivša udornica, ampak je glede na rezultate sedimentov na podlagi ročnega vrtanja v dnu doline tudi brezstropna jama.

Ključne besede: Postojnski kras, jamski vhodi, zgodovina raziskovanja, Postojnski jamski sistem, Slovenija

REFERENCES

- Anelli, F. (1936):** Sfiatatoi di grotta nella regione carsica di Postumia. Le Grotte d'Italia, 2^a, I, 50–54.
- Anelli, F. (1937):** Su alcune cavità e sfiatatoi di grotta del Carso di Postumia. Le Grotte d'Italia, 2^a, II, 5–20.
- Bavdek, A. (2003):** Arheološki nadzor v Postojnski jami. Naše jame, 45, 143–145.
- Brodar, S. (1970):** Paleolitske najdbe v jami Risovec pri Postojni. Acta carsologica, 5, 271–300.
- Gallino, L. (1924/28):** Tavole del Rilievo delle R.R. Grotte di Postumia. 1:500. Postumia.
- Gospodarič, R. (1969):** Speleološki procesi iz mlajšega pleistocena. Naše jame, 10(1968), 37–46.
- Gospodarič, R. (1976):** The Quaternary caves development between the Pivka basin and polje of Planina. Acta Carsologica, 7, 8–135.
- Gospodarič, R. (1985):** Age and development of collapse dolines above the cave systems. The examples from Classical Karst of Slovenia (NW Yugoslavia). Ann. Soc. Géol. Belg., 108, 113–116.
- Habe, F. (1986):** The Postojna caves. Postojnska jama, Postojna, 82 p.
- Kataster jam** IZRK ZRC SAZU, Postojna.
- Kogovšek, J. (1995):** Some examples of the karst water pollution on the Slovene karst. Acta carsologica, 24, 303–312.
- Martel, E. A. (1894):** Les Abîmes. Librairie Charles Delagrave, Paris, 578 p.
- Michler, I. & F. Hribar (1959):** Prispevek k poznavanju podzemeljske Pivke. Acta carsologica, 2, 157–195.
- Mihevč, A., T. Slabe & S. Šebela (1998):** Denuded caves—an inherited element in the karst morphology; the case from Kras. Acta carsologica, 27(1), 165–174.
- Munsell Soil Color Charts (1975):** Munsell Soil Color Charts. Munsell Color, Baltimore, Maryland.
- Perko, G. A. & S. Gradenigo (1924):** Postumia e le sue celebri grotte. Grotte di Postumia, Postumia, 192 p.
- Shaw, T. (2006):** Names from the past in Postojnska jama (Postojna Cave). Založba ZRC, Ljubljana, 151 p.
- Stepišnik, U. (2004):** The origin of sediments inside the collapse dolines of Postojna karst (Slovenia). Acta carsologica, 33, 237–244.
- Šebela, S. (1994a):** The caves Jama na poti and Zguba jama. Acta carsologica, 23, 233–243.
- Šebela, S. (1994b):** Vloga tektonskih struktur pri nastajanju jamskih rogov in kraških površinskih oblik. Doktorska disertacija. Univerza v Ljubljani, Ljubljana, 129 p.
- Šebela, S. & J. Čar (2000):** Velika Jeršanova dolina – a former collapse doline. Acta carsologica, 29, 201–212.
- Šebela, S. & I. D. Sasowsky (1999):** Age and Magnetism of Cave Sediments from Postojnska jama cave system and Planinska jama cave, Slovenia. Acta carsologica, 28, 293–305.
- Šerko, A. & I. Michler (1958):** Die Grotte von Postojna (Adelsberger Grotte) und sonstige Sechenswürdigkeiten des Karstes. Zavod Postojnske jame, Postojna, 166 p.
- Turk, J. & S. Šebela (2009):** Local characteristics of Postojnska Jama climate, air temperature and pressure monitoring. In: Gabrovšek, F. & A. Mihevč (eds.): Cave climate. Guide book & abstracts. 17th International Karstological School "Classical Karst", 15–20 June 2009, Postojna. IZRK ZRC SAZU, pp. 86–87.
- Zupan Hajna, N., A. Mihevč, P. Pruner & P. Bosák (2008):** Palaeomagnetism and magnetostratigraphy of karst sediments in Slovenia. ZRC Publishing, Carsologica, Ljubljana, 8, 1–266.

Original scientific article
Received: 2010-03-09

UDC 659.2:004:550.380.2(497.4)

THE USE OF GIS-BASED SPATIAL MULTI-CRITERIA EVALUATION IN THE SELECTION PROCESS FOR THE NEW SLOVENIAN GEOMAGNETIC OBSERVATORY SITE

Dejan PALISKA

University of Ljubljana, Faculty of Maritime Studies and Transport, SI-6320 Portorož, Pot pomorščakov 4, Slovenia
and

Higher Education Centre Sežana, Laboratory for Geomagnetism and Aeronomy, SI-6210 Sežana, Kraška ulica 2, Slovenia

E-mail: dejan.paliska@fpp.uni-lj.si

Rudi ČOP

Higher Education Centre Sežana, Laboratory for Geomagnetism and Aeronomy, SI-6210 Sežana, Kraška ulica 2, Slovenia

Daša FABJAN

University of Primorska, Faculty of Tourism Studies Portorož - Turistica, SI-6320 Portorož, Obala 11a, Slovenia

ABSTRACT

The study of geomagnetic field is one of the earliest studies in the field of geosciences. At present, measurement of the geomagnetic field is concerned with answering the fundamental questions about the Earth's deep interior, mantle conductivity, structure and thermo-mechanical properties of the crust, its lithosphere and the near-Earth environment. This paper presents a method that addresses a problem of site selection for a new geomagnetic field observatory in the Republic of Slovenia. The method relies on a multi-stage multi-criteria decision model. Geographic Information System (GIS) was used as a platform enabling the management of the criterion data, spatial analysis, cartographic modeling and production of map layers. Feasible areas were produced using Boolean overlay, followed by the application of multi-criteria evaluation (MCE) method on feasible areas to select the best area. Furthermore, preliminary measurements of geomagnetic fields were observed including the measurement of the total-intensity gradient of the magnetic field vector, the measurement of the geomagnetic field at a base-point, as well as the absolute and the three component measurements of the geomagnetic field.

Key words: geophysics, geomagnetism, Geographic Information Systems (GIS), observatory, site selection, multi-criteria evaluation (MCE)

USO DI VALUTAZIONE MULTICRITERIALE BASATA SU GIS NEL PROCESSO DI SELEZIONE DI UN SITO PER UN NUOVO OSSERVATORIO GEOMAGNETICO SLOVENO

SINTESI

Lo studio del campo geomagnetico è uno dei primi intrapresi nell'ambito delle geoscienze. La ricerca del campo geomagnetico è di fondamentale importanza per la comprensione dei processi in corso negli strati profondi della Terra, nella crosta terrestre e nell'ambiente circostante il pianeta Terra. L'articolo presenta un metodo per la selezione di un sito per un nuovo osservatorio geomagnetico in territorio sloveno. La scelta è basata sul modello decisionale della valutazione multicriteriale e multigraduale. Il Sistema Informativo Territoriale (GIS) è stato usato quale piattaforma per la definizione dei criteri, l'analisi spaziale, la creazione di modelli cartografici e la produzione di mappe pluristratificate. Aree potenzialmente adatte sono state evidenziate con l'uso del "Boolean overlay", seguito dall'applicazione del metodo della valutazione multicriteriale (MCE), al fine di scegliere l'area migliore. In tali aree sono state eseguite misurazioni preliminari dei campi geomagnetici, incluse misurazioni dell'omogeneità del gradiente dell'intensità totale del vettore del campo magnetico, nonché misurazioni assolute, di base e tri-componenziali del campo geomagnetico.

Parole chiave: geofisica, geomagnetismo, Sistema Informativo Geografico (GIS), osservatorio, selezione sito, valutazione multicriteriale (MCE)

INTRODUCTION

One of the essential tasks of the geomagnetic observatory is recording the short-term and long-term geomagnetic field variations in such a way that the recorded information is representative for a larger area (Wienert, 1970). The utility of the magnetic observatory records for the correct reduction of the surveyed data is reinforced if both spatial homogeneity of location and particular location anomalies including man-made and natural noises are assessed. It is important that the observatory site is magnetically representative of its region, both for the secular variation and for the short-term variations (Jankowski & Sucksdorff, 1996). This means that it is always convenient to set up a geomagnetic observatory in the environment free of or with limited electromagnetic contamination.

Electromagnetic radiation, which is constantly present in the environment, can be detected during the observation of the Earth's magnetic field as electromagnetic noise or interference. The noise may occur due to natural or artificial sources. Natural origins of the electromagnetic radiations are most often attributed to atmospheric phenomena and phenomena originating in the Universe. Unnatural or artificial electromagnetic noise is man-made; it originates in technological development and the electromagnetic applications. Due to technological growth, man-made electromagnetic noise is nowadays superimposed on natural noise almost everywhere on the Earth.

In the last decade man-made noise has increased dramatically over and above the natural noise in residential and business areas (Bianchi & Meloni, 2007). Typical electromagnetic interferences in the Earth's magnetic field in urban environments are caused by a number of sources: electricity grids and switches, building materials (mostly ferroconcrete structures), electromagnetic fields from telephony and other telecommunications, electric mains and transmission lines, and electrified railways, transport etc. Of these man-made noises the electric mains and transmission lines and direct current electrified railways have the biggest influence on measurements. In the history of the geomagnetic field observations some observatories, above all because of the high level of man-made electromagnetic noise, were moved from urban areas to countryside with a lower level of noise caused by artificial sources (Tsunomura & Tokumoto, 2005). The interference from electrified railways is so strong that the electromagnetic radiation spreads to a distance of several tens of km. In case of electric railways driven by alternating current, leakage currents do not have strong interference on measurements, as its frequency range is out of observation period range of geomagnetism, and leakage currents may not form large current loops beneath the ground because of the skin effect (Yanagihara,

1977). Nevertheless, AC-electrified railways still represent a significant source of noise, mainly because of the nature of its noise which has extremely complex variability and could not be entirely eliminated even with the modern techniques for noise removal (Fontes, 1988; Egbert *et al.*, 2000; Padua *et al.*, 2001).

Generally, it can be shown that the level of electromagnetic noise from artificial origins, measured at the various locations, is highly dependent on the distance from the origin of noise. It can also be proved that the level of electromagnetic noise from artificial origins is not constant in time and that both, its frequency and power also fluctuate. For that reason, the above-mentioned electromagnetic noise causes a lot of problems for observing the geomagnetic field. Many authors have pointed this out, quoting the problems in discovering, quantifying and eliminating the man-made electromagnetic noise (Harada *et al.*, 2004; Villante *et al.*, 2004; Masci *et al.*, 2007).

According to the researches described, the reasonable choice for a site location is a "quiet" rural area which has a lower level of man-made electromagnetic noise. In spite of its relevance, man-made noise, depending on frequency band, is on average 20–30 dB lower in "quiet" rural areas than in the business and residential areas. Of course, starting from the 1960's, satellite communication systems also contribute to man-made noise measurable on the Earth (CCIR/ITU, 1990; Bianchi & Meloni, 2007). Man-made noise can be mainly observed in the vertical component of a magnetic field.

During geomagnetic field observations, any changes in electromagnetic field as a result of seismic processes must not be neglected. Some researchers are inclined to believe that the *Sun–interplanetary space–magnetosphere–ionosphere–atmosphere–tectonosphere* chain should be considered as a very complex, dynamic and non-linear system in which high energy phenomena cause various complex processes on the Earth. In this context, the seismic processes in the Earth's crust and its upper mantle should be treated as a part of a physical process common to the Sun–Earth system (Bakhmutov *et al.*, 2007). A number of researchers have investigated the relation between the system's physical processes and seismic activities. The results of these studies are different from one researcher to the other. It is not possible to get unified results on this matter in the literature, and therefore it is not possible to establish the exact quantitative criteria for the evaluation of potentially adequate geomagnetic observatory locations. Although the researchers are not unanimous regarding the relation between the change in the geomagnetic field and the occurrence of seismic activities, the results they presented support the statement that such relation exists (Rulev, 1991; Sobolev *et al.*, 2001; Zakrzhevskaya & Sobolev, 2002; Bakhmutov *et al.*, 2007).

MATERIAL AND METHODS

The above-mentioned facts prove that the area selection and choice of the final location for the geomagnetic observatory is a multi-stage multi-criteria decision process, as the location must meet a number of criteria that are related to its spatial and functional specifications, geological characteristics, the level of electromagnetic noise, topographic characteristics and other technical characteristics. Nevertheless, an important factor in bringing the final decision is also its social acceptability in the broader surroundings, both at local and personal level.

Usually the objective in applications involving cartographic modelling is to locate the area or areas where the given criteria apply. Thus, GIS was used as a platform enabling the management of the criterion data, the production of criterion layers, the spatial analysis and production of the maps needed in the evaluation process. When we are looking for a suitable location, the process actually includes the spatial evaluations according to different decision criteria. In a classification based on Boolean logic, an area is either accepted or rejected based on a given threshold value. The final outcome of those models is a map showing areas simultaneously fulfilling all the decision criteria. However, problems have been noted with methods that rely on

classical Boolean logic (Carver, 1991). In situations where threshold value is not precise, loss of information or error propagation may occur. Additionally, the method does not offer any analytical possibility for examining which areas are the most appropriate or which areas are the best among the feasible areas (Stone, 2001).

In our case, the site evaluation process may be divided into three stages: collecting the necessary data, cartographic modelling including multi-criteria modelling, and preliminary on-site geomagnetic field observations.

The first stage consists primarily of collecting and preparing digital data that includes different thematic layers. Since our study area represents the entire territory of the Republic of Slovenia, most of the variables needed in the evaluating process were already available in digital format. Map layers describing these factors were obtained from Surveying and Mapping Authority of the Republic of Slovenia. All available map layers were in vector data format, so the accuracy and consistency of the data has not been questioned.

In the second stage, the cartographic modelling was applied in producing and combining spatial data describing decision variables. In this process, cartographic tools including buffering, filtering, dissolving features, to overlapping all map layers considering deterministic area factors. The areas not included in the area determined as

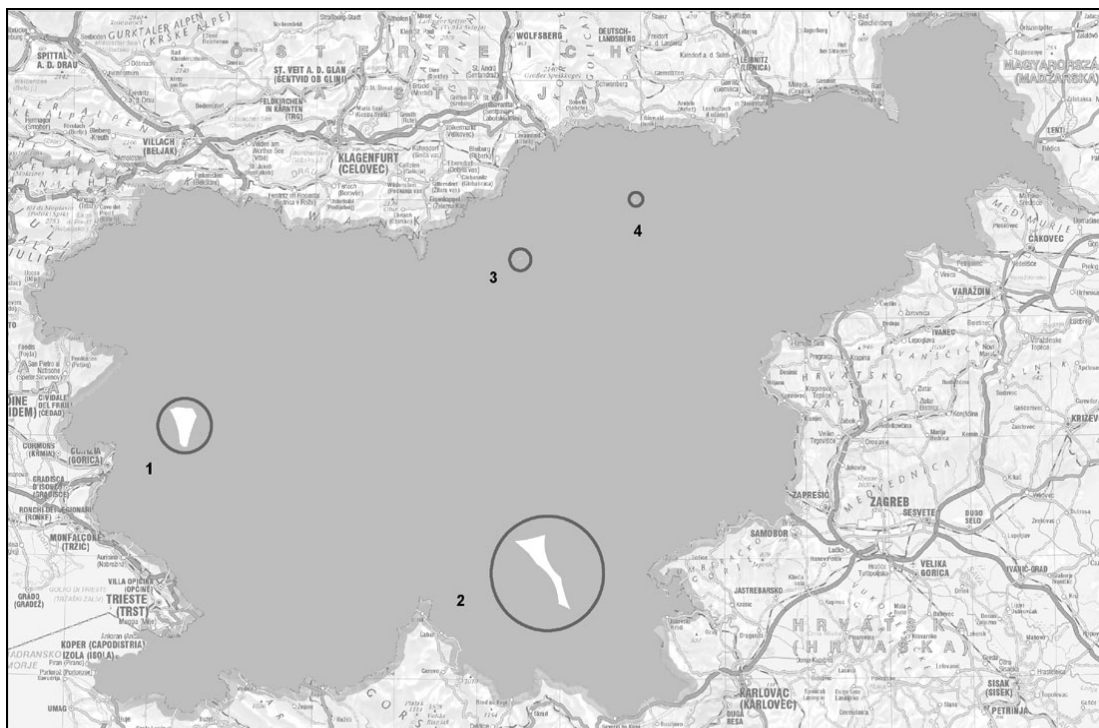


Fig. 1: Map depicting areas simultaneously fulfilling all the conditions set in spatial criteria group.
Sl. 1: Prikaz lokacij, ki ustrezajo vsem postavljenim prostorskim kriterijem.

gether with Boolean logic were used. Feasible area is produced using Boolean overlay, *i.e.*, by numerically being suitable by all deterministic criteria were excluded from further consideration. Since the Boolean logic does not offer any analytical possibility for examining which areas fulfilling the deterministic criteria are the most appropriate, the Multi-Criteria Evaluation (MCE) method has also been applied in decision process. The most frequently used MCE procedure in the GIS environment was used, *i.e.*, the weighted linear summation. This method is suitable for when we have to evaluate several criteria and consider their different levels of importance.

The last stage includes magnetic field survey at selected site, activities with the purpose of ensuring social acceptability in broader and narrower surroundings, searching for an appropriate plot, etc.

Evaluation criteria

The criteria for spatial evaluation were classified into three groups: spatial characteristics, technical-practical aspects, and social-global characteristics. In the spatial characteristics group, all the decision criteria are deterministic. Their threshold values have been defined as a result of literature review from the introduction of this paper, and evaluated according to field expert suggestions. In the two other groups we can find all other, subjective decision criteria, which are also important in setting up a permanent observatory of geomagnetic field (Wienert, 1970; J. Rasson, *pers. comm.*).

In the first stage, cartographic tools including buffering, filtering, dissolving features, together with Boolean logic were used. The model was designed using the *ArCMap 9.3 Software Package*. The aim of this procedure was to identify potentially appropriate sites, which would be acceptable in relation to the first group of criteria. The areas simultaneously fulfilling all the decision

criteria from the first group are shown on the map as feasible areas (Fig. 1).

The next step was the evaluation of four potential sites according to decision criteria classified in the second and third group. Some of the selected parameters from the second and third group are not as exact and unique as the parameters from the first group. For some decision criteria the adjustment of interests on-site is of key importance, and these criteria could not be treated equally on each site. At this point, the multi-criteria evaluation method has been applied on feasible areas selected in the first stage. The method requires setting a degree of advantage (weight factors) for each parameter, and a relative significance of a single parameter in comparison to other parameters which are used in the selection process. Each parameter was evaluated in relation to its degree of advantage with rank from 1 to 5, where the rank 1 means a very inappropriate location and rank 5 means a very suitable location. This ensured that the important parameters could not be lost in the mean value and that the significant advantages of a potential site with high-rated main parameters would not be cancelled out by its lower scores for some less important parameters. For this model the importance of a parameter was evaluated with rank from 1 to 5, where the most important parameter was given the rank 5 and a parameter of very low importance was given the rank 1 (Tab. 2).

Evaluation of the sites using the weighted linear summation method showed that the most suitable site for the selected parameters was Site 1, which is in the vicinity of Predmeja village. Site 2 and Site 3 were less-suitable since neither of them is easily accessible, but the key parameter for a low score is their small area size. The data for the site evaluation in relation to parameter 3—a (social acceptability) were not available for all potential sites and therefore this was not taken into consideration at this stage of evaluation. Site 2 also obtained a

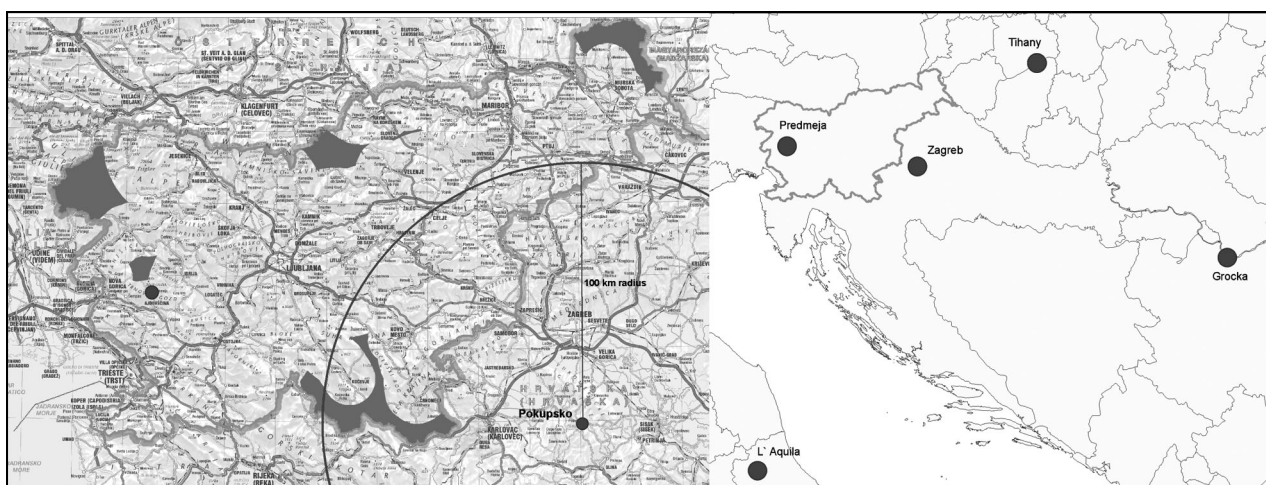
Tab. 1: Definition criteria/parameters for potentially appropriate sites.

Tab. 1: Kriteriji za vrednotenje potencialno primernih lokacij.

SPATIAL CRITERIA (spatial evaluation in relation to the criteria that exclude any sites with a potentially high level of artificial electromagnetic radiation)	Distance from electrified railways, 30 km at least
	Distance from non-electrified electric railways, 10 km at least
	Distance from 110, 220 and 400 kV transmission lines, 10 km
	Outside of areas with high seismic risk (greater than 7 according to MSK-64 seismic intensity scale)
	Distance from the border, 10 km at least
TECHNICAL-PRACTICAL CRITERIA	Vicinity of a settlement (availability of power for measuring instruments)
	Geometrical-central location
	Easy access to the location
SOCIAL AND GLOBAL ASPECTS	Social acceptability
	Inclusion in the regional observatory network
	Appropriate plot (plot size, possibility of agreement with the owner)
	Possibility to safeguard the site

Tab. 2: Evaluation of sites by using the weighted linear summation method.**Tab. 2: Vrednotenje lokacij po metodi utežene vsote.**

	Parameter 2-a	Parameter 2-b	Parameter 2-c	Parameter 3-b	Parameter 3-c	Score for site suitability
Site 1	5	2	4	5	4	76
Site 2	4	3	3	3	4	64
Site 3	5	2	2	3	1	49
Site 4	3	2	2	3	1	39
Rank of parameter importance	5	2	3	3	5	

**Fig. 2: Placing the observatory in the existing INTERMAGNET network.****Sl. 2: Umestitev observatorija v obstoječo mrežo observatorijev INTERMAGNET.**

high score, but because of the lower score in relation to parameter 3–b (observatory in the territory of the Republic of Croatia is too close) it was treated as less suitable than Site 1 (Fig. 2).

The last stage of decision making process included on-site field observations, as well as informing the local community. The response of the Administration and the Local Community was positive. During field work, a microlocation was selected and sample measurements of geomagnetic field elements were carried out. Detailed results are presented in the next chapter.

RESULTS

Sample measurements of the geomagnetic field elements at the selected location

The Laboratory for Geomagnetism and Aeronomy together with the Geomagnetic Institute, Geomagnetic Observatory Grocka (GCK), Republic of Serbia, carried out a preliminary local survey of the homogeneity of the total-intensity gradient of the magnetic field vector, measurements of the geomagnetic field at a base-point, absolute and all three components (X, Y, Z) measure-

ments of the geomagnetic field and measurements of the diurnal variations in elements of the geomagnetic field.

The measurements were carried out in September 2008 using the following equipment: *MAGSON 11 3-axis Magnetometer* (accuracy 0.1 nT), *Overhauser magnetometer GSM-19* (Proton magnetometer - accuracy 0.01 nT) and *Bartington DI magnetometer Mag-01H* (accuracy 0.1 nT). The measurements showed that the geomagnetic field is homogenous in the surroundings of the microlocation where the 3-axis magnetometer was installed and in the broader surroundings of the location where the measurements of the absolute values of geomagnetic field elements were carried out. From the results of the measurements of the '*F*' gradient of the magnetic field, it may be deduced that the site is not magnetically contaminated by man-made electromagnetic noise or by noise which might occur because of the heterogeneity of electrical conductivity in the Earth's upper mantle. Only the remains of an iron wire in the stone wall on the boundary between two plots induced some distinctive change in the vertical component of the magnetic field's '*F*' gradient. The recorded magnetic anomaly had peak-to-peak magnitude values of up to ± 20 nT (Fig. 3).

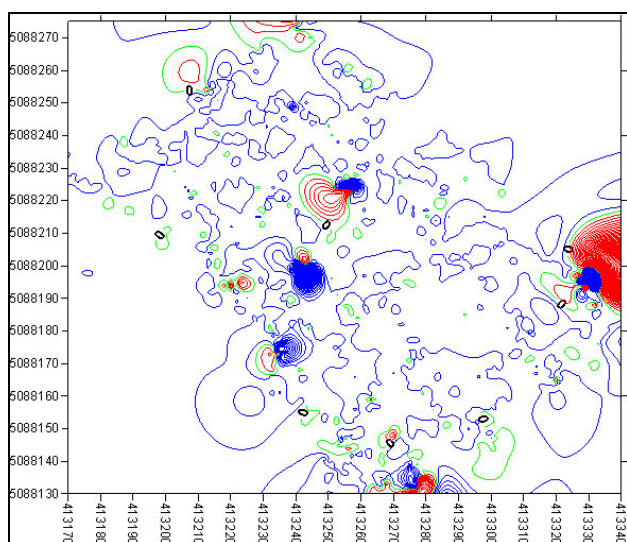


Fig. 3: The vertical homogeneity of the magnetic field's 'F' gradient; $d=100$ cm, $e=10$ nT (the visible anomalous signature at the right edge were induced by the wire remains).

Sl. 3: Vertikalna homogenost gradienta 'F' geomagnetnega polja; $d=100$ cm, $e=10$ nT (vidne anomalije na desnem robu so posledica ostankov žice).

The measurements of the geomagnetic field's diurnal variations were observed by the MAGSON 11 Flux-gate Magnetometer and Proton Magnetometer GSM-19. The components dX/dt , dY/dt , dZ/dt , dF/dt are shown as relative values measured with the MAGSON 11 Flux-gate Magnetometer. The total intensity of the magnetic field F_p was measured by Proton Magnetometer GSM-19, while the change in total intensity of the magnetic field F_m was calculated from the recorded measure-

ments made by the MAGSON 11 3-axis Magnetometer. T_e and T_s stand for the temperatures in the housing of the MAGSON 11 3-axis Magnetometer (Fig. 4).

The results of measurements at the selected site showed that the geomagnetic field's Y-axis variation has a harmonious sinusoidal form. The amplitude in the Y-axis was approximately 50 nT. The signature of the geomagnetic field's diurnal variation in the X-axis was harmonious with the amplitude of 30 nT, but the signal had visible short-term changes that show the presence of magnetic noise. A similar record for the geomagnetic field could be seen in the Z-axis. This noise could be attributed to the morphological and geological characteristics of the Karst region.

A comparison of the geomagnetic field elements' diurnal variations recorded during the measurements at Predmeja station with those recorded at the Geomagnetic Observatory in Grocka (GCK) showed that the level of short-term noise was higher at Predmeja station. This is especially visible from the geomagnetic field's signature in the X-axis and the Z-axis (Fig. 5). The time of observation of the geomagnetic field elements' diurnal variations at the Geomagnetic Observatory in Grocka (GCK) was indicated as 'q' (quiet days), while the changes in the geomagnetic field elements' diurnal variations at Predmeja station were indicated as *local characteristics signal*.

DISCUSSION

The multi-stage, multi-criteria decision process for selecting a feasible location for setting up a geomagnetic observatory in the Republic of Slovenia required a lot of work. Initially the efforts were mostly focused on acquiring necessary digital data, and a comprehensive field work on site was carried out after that. GIS was

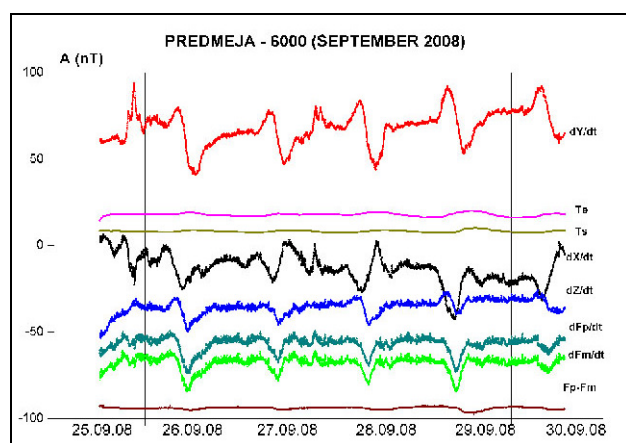


Fig. 4: Magnetograph of the geomagnetic field elements' diurnal variations.

Sl. 4: Magnetogram dnevnihih variacij komponent geomagnetnega polja.

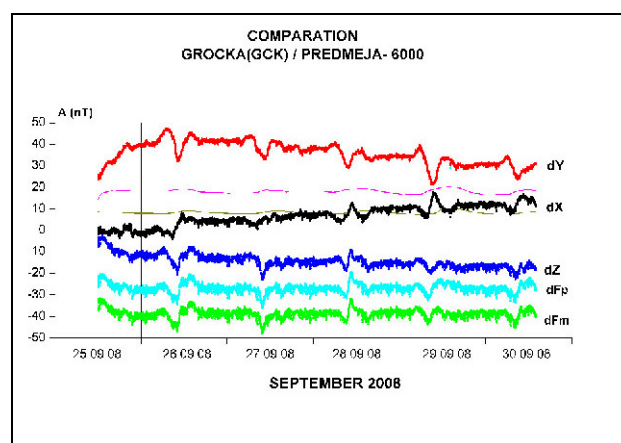


Fig. 5: Magnetograph of the differences between the geomagnetic field elements' diurnal variations.

Sl. 5: Magnetogram razlike v dnevnihih variacijah komponent geomagnetnega polja.

used as a platform enabling the management of the criterion data, spatial analysis, cartographic modelling and production of map layers.

The major advantage of the method presented in the article is the possibility of predicting suitability indices for large areas within a reasonable period of time. The most important objective in the decision process was to find a location with low level man-made electromagnetic noise. Therefore potentially inappropriate sites were excluded from the evaluation process using cartographic modelling including Boolean logic. The criteria and given threshold values were carefully selected with prior consultation with known experts from the *INTERMAGNET Association* and on the basis of literature on this matter.

Extensive on-site measurements were made, including measurements of all geomagnetic field elements, and the results showed that the location is in magnetically calm and homogenous surroundings. The intensity vector of the geomagnetic field did not show any presence of magnetic noise that might be induced by the non-homogeneity of the geophysical parameters of geological formations or artificial electromagnetic radiation. The results of the measurements of change in the 'F' gradient of the magnetic field showed smaller changes with values within the prescribed limits for setting up a reference station.

If in the continuation of the process – installation and safeguarding of the base-point – this location appears inappropriate, the reasonable solution would be to search for an alternative location within the proposed site.

IZBIRA LOKACIJE ZA POSTAVITEV NOVEGA GEOMAGNETNEGA OBSERVATORIJA Z UPORABO MULTIKRITERIALNE ANALIZE V GIS OKOLJU

Dejan PALISKA

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za pomorstvo in promet, SI-6320 Portorož, Pot pomorščakov 4
in

Visokošolsko središče Sežana, Laboratorij za geomagnetizem in aeronomijo, SI-6210 Sežana, Kraška ulica 2
E-mail: dejan.paliska@fpp.uni-lj.si

Rudi ČOP

Visokošolsko središče Sežana, Laboratorij za geomagnetizem in aeronomijo, SI-6210 Sežana, Kraška ulica 2

Daša FABJAN

Univerza na Primorskem, Fakulteta za turistične študije Portorož - Turistica, SI-6320 Portorož, Obala 11a

POVZETEK

Raziskave na področju geomagnetizma lahko označimo kot prve raziskave na področju geofizike. Opazovanje geomagnetnega polja je bistvenega pomena za razumevanje fundamentalnih procesov v središču Zemlje, njeni skorji in bližnji okolici planeta Zemlja. V prispevku je predstavljena metodologija izbire lokacije za postavitev geomagnetnega observatorija na ozemlju Republike Slovenije. Izbira temelji na večstopenjskem multi-kriterialnem modelu odločitve. Prvi del je zasnovan v GIS okolju kot postopek analize in vrednotenja prostora ter opredelitve lokacije glede na predhodno postavljena merila. Nadaljnja analiza temelji na metodi utežne vsote, saj moramo upoštevati različne skupine parametrov, ki v končni oceni primernosti lokacije nimajo enake teže. Pri zasnovi modela je bil poseben poudarek na izločitvi območij, kjer je mogoče pričakovati višje ravni elektromagnetnega šuma. Na potencialno primernih območjih so bili opravljeni terenski ogledi in preliminarne meritve homogenosti gradienta totalne intenzitete magnetnega polja, absolutne, bazne in trokomponentne meritve geomagnetnega polja.

Ključne besede: geofizika, geomagnetizem, geografski informacijski sistemi (GIS), observatorij, izbira lokacije, multi-kriterialni model odločitve

REFERENCES

- Bakhmutov, V. G., F. I. Sedova & T. A. Mozgovaya (2007):** Geomagnetic Disturbances and Earthquakes in the Vrancea Zone. *Izvestiya Phys. Solid Earth*, 43(11), 931–937.
- Bianchi, C. & A. Meloni (2007):** Natural and man-made terrestrial electromagnetic noise: An outlook. *Ann. Geophys.*, 50(3), 435–444.
- Carver, S. (1991):** Integrating multi-criteria evaluation with Geographic Information Systems. *Int. J. Geogr. Inf. Syst.*, 5, 321–339.
- CCIR/ITU (1990):** Man-made radio noise. Report. 258-5. *Int. Radio Consultative Comm., Int. Telecommun. Union*, Geneva, Switzerland.
- Egbert, G. D., M. Eisel, O. S. Boyd & H. F. Morrison (2000):** DC trains and Pc3s: Source effects in mid-latitude geomagnetic transfer functions. *Geophys. Res. Lett.*, 27, 25–28.
- Fontes, S. L. (1988):** Electromagnetic induction studies in the Italian Alps. Ph.D. Thesis. University of Edinburgh, 351 p.
- Harada, M., H. Hattori & N. Isezaki (2004):** Transfer function approach to signal discrimination of ULF geomagnetic data. *Phys. Chem. Earth*, 29, 409–417.
- Jankowski, J. & C. Sucksdorff (1996):** IAGA guide for magnetic measurements and observatory practice. IAGA Publications, 232 p.
- Masci, F., P. Palangio, M. Di Persio & C. Di Lorenzo (2007):** The development of the INGV tectonomagnetic network in the frame of the MEM project. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 7, 473–478.
- Padua, B. M., L. Padilha & I. Vitorello (2001):** Disturbances on magneto-telluric data due to DC electrified railway: A case study from south-eastern Brazil. *Earth Planets Space*, 54, 591–596.
- Rulev, B. G. (1991):** Annual Periodicity in the Emission of Micro earthquakes and the Irregularity of the Earth's Rotation. In: *Earthquakes and processes of their nucleation*. Nauka, Moscow, pp. 127–138. (In Russian)
- Stone, R. & J. Kangas (2001):** Integrating spatial multi-criteria evaluation and expert knowledge fog GIS-based habitat suitability modelling. *Landscape Urban Plan.*, 55, 79–93.
- Sobolev, G. A., N. A. Zakrzhevskaya & E. P. Kharin (2001):** On the Relation between Seismicity and Magnetic Storms. *Izvestiya Phys. Solid Earth*, 37, 917–927.
- Tsunomura, S. & T. Tokumoto (2005):** Man-made electromagnetic noises causing difficulty in geomagnetic and geoelectric observations in city area. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 59 (Suppl. 1), S15–S19.
- Villante, U., M. Villante, A. Piancatelli, A. Di Cienzo, T. L. Zhang, W. Magnes, V. Wesztergom & A. Meloni (2004):** Some aspects of man-made contamination on ULF measurements. *Ann. Geophys.*, 22, 1335–1345.
- Wienert, K.A. (1970):** Notes on Geomagnetic Observatory and Survey Practice. UNESCO, Brussels, 217 p.
- Yanagihara, K. (1977):** Magnetic field disturbance produced by electric railway. *Mem. Kakioka Mag. Obs.*, 38, 17–34.
- Zakrzhevskaya, N. A. & G. A. Sobolev (2002):** On the Seismicity Effect of Magnetic Storms. *Izvestiya Phys. Solid Earth*, 38, 249–261.

Compendio
Ricevuto: 2010-03-15

UDC 581.9:581.522.6(292.463/.464)

GLI ELEMENTI ORIENTALI APPENNINO-BALCANICI, ILLIRICI, PONTICI E SUD-EST EUROPEI DELLA FLORA ITALIANA: ORIGINI E DISTRIBUZIONE REGIONALE

Amelio PEZZETTA

I 34149 Trieste, Via Monteperalba 34, Italia
E-mail: fonterossi@libero.it

SINTESI

Nel presente lavoro si analizza nelle Regioni italiane la distribuzione delle entità appennino-balcaniche, pontiche, illiriche, sud-est europee, alpino-dinariche, alpino-carpatiche ed endemiche italiane vicarianti di endemiche balcanico-orientali. Inoltre si ipotizzano le vie percorse da tali specie per colonizzare la penisola italiana partendo dal centro d'origine.

Parole chiave: fitogeografia, origini, appennino-balcanico, pontico, illirico, migrazioni floristiche, areali di distribuzione

EAST APENNINE-BALCAN, ILLYRIAN, PONTIC AND SOUTH-EAST EUROPEAN ELEMENTS OF THE ITALIAN FLORA: ORIGIN AND REGIONAL DISTRIBUTION

ABSTRACT

The article deals with the distribution of various elements: Apennine-Balkan, Pontic, Illyrian, South-East European, Alpine-Dinaric, Alpine-Carpathian and Italian endemics, which are displacing Eastern Balcan endemics in Italian regions. The author presents possible ways travelled by these species from the point of origin during the period of colonization of the Italian peninsula.

Key words: fitogeography, origin, Apennine-Balkan, Pontic, Illyrian, floristic migrations, distribution areals

INTRODUZIONE

Uno dei compiti più importanti della fitogeografia è la ricostruzione delle possibili correnti migratorie a cui sono sottoposti gli organismi vegetali, che dal loro centro d'origine estendono i loro areali verso nuovi territori. In questo senso la penisola italiana fornisce ancor oggi moltissime opportunità per tali particolari studi e ricerche: infatti, con oltre 7634 taxa di piante vascolari (Conti *et al.*, 2005) ha un'elevata diversità floristica dovuta alla sua grande eterogeneità ambientale, alla sua posizione al centro del Mediterraneo ed alla sua particolare storia geologica, che consentì nel passato flussi migratori di contingenti floristici di diversa origine geografica.

Infatti, nelle ere geologiche passate, a seguito degli sconvolgimenti climatici durante le glaciazioni e dei vari eventi che resero possibili ponti terrestri con il continente africano e la penisola balcanica, taxa vegetali nordici, orientali e meridionali penetrarono più o meno profondamente lungo la penisola italiana: tra questi anche le entità appennino-balcaniche, illiriche, est-alpino dinariche, alpino-carpatiche, pontiche e sud est europee che sono presenti in entrambe le due penisole.

MATERIALI E METODI

Per la nomenclatura e la distribuzione territoriale dei taxa considerati si è seguito Conti *et al.* (2005) mentre per l'assegnazione ai tipi corologici si è tenuto conto di quanto riportato in Tutin *et al.* (1964-80), Jalas & Suominen (1972-94), Pignatti (1982), Greuter *et al.* (1984-89), Poldini (1991) ed altri contributi scientifici vari di recente pubblicazione. In molti casi i vari taxa considerati sono stati assegnati dallo scrivente ad un particolare tipo corologico tenendo conto dell'attuale distribuzione geografica. Un esempio di ciò è fornito da *Crepis lacera*, che secondo Pignatti (1982) e Conti *et al.* (2005) è da considerare endemica italiana, mentre per il suo recente ritrovamento anche in Albania nel presente lavoro viene considerata specie appennino-balcanica.

Definizione dei corotipi

I confini entro i quali rientrano le entità appennino-balcaniche sono i seguenti:

- per quanto riguarda la penisola italiana, la superficie di distribuzione comprende le isole e tutto l'arco appenninico dalla Liguria all'Aspromonte;
- per quanto riguarda la penisola balcanica, l'area considerata comprende Creta, tutte le isole dell'Egeo e tutto il territorio continentale posto a sud dell'asse fluviale che va dalle sorgenti della Sava alle foci del Danubio e dal Mar Nero all'Adriatico-Ionio.

L'elenco dei taxa riportati comprende anche entità che escono da tali confini (quali quelli diffusi in tutte le

regioni italiane e parti della penisola anatolica) e che in precedenti contributi scientifici erano stati assegnati ai seguenti corotipi: Sud-Est-Europeo, Sud-Est-Europeo-Pontico, Anfiadriatico, Illirico, Illirico-Centroitalico, Illirico-Appenninico, Nord-Est-Mediterraneo, Est-Mediterraneo, Nord-Est-Mediterraneo-Montano e Transionico.

Non sono state prese in considerazione specie (considerate appennino-balcaniche in altri contributi scientifici) che sono presenti anche in Stati che confinano con la penisola italiana, quali Austria, Francia e Svizzera, oppure occupano ampi territori a nord-est del Danubio, o infine sono presenti anche in Stati africani ed asiatici bagnati dal Mar Mediterraneo.

I taxa tipici dei territori dell'ex Jugoslavia che sono diffusi solo nelle regioni italiane settentrionali e mancano in quelle centro-meridionali o lungo la dorsale appenninica sono stati considerati appartenenti al corotipo Illirico, se presenti nelle zone pianeggianti e collinari, ed a quello Est-Alpino-Dinarico, se invece presenti in Italia esclusivamente nei rilievi alpini.

Il corotipo Pontico comprende i taxa orientali che si estendono attorno al Mar Nero o in parte di esso, dalla Penisola balcanica ed Ucraina sino all'Asia minore ad est e dalla Romania alla Turchia ad ovest. Nel nostro caso sono state considerate pontiche anche entità che Pignatti (1982) attribuisce ai corotipi Subpontico e Pontico-Mediterraneo.

Il corotipo SE-Europeo comprende entità che si sviluppano nel territorio con i seguenti confini:

- ad ovest Malta, Sicilia, Sardegna, tutta la costa italiana ligure-tirrenica dallo stretto di Messina a Ventimiglia, la linea di spartiacque sulle Alpi Occidentali tra Italia, Francia e Svizzera ed in seguito prosegue lungo il medio corso del Reno sino all'altezza di Strasburgo;
- a nord l'asse che grosso modo, congiunge Strasburgo con le sorgenti del Danubio nella Foresta Nera ed Ulm (Germania) e poi prosegue lungo l'asta fluviale sino alla sua foce sul Mar Nero;
- ad est tutto il territorio posto a sud delle foci del Danubio e ad ovest del Mar Nero, comprendente parte della Romania, la Bulgaria, la Turchia europea e la Grecia con le sue isole;
- a sud la Grecia con tutte le isole dell'Arcipelago Egeo. In alcuni casi sono stati inseriti in tale corotipo anche entità vegetali che ad Ovest penetrano leggermente nel territorio francese superando la catena delle Alpi.

Nel lavoro in esame il corotipo Est-Europeo comprende anche le entità delle montagne del Sud-Est-Europa, che di solito vengono considerate appartenenti al corotipo Orofita SE-Europeo.

Il lettore avrà notato che i vari corotipi Appennino-Balcanico, Pontico e SE-Europeo sono contraddistinti da areali che nel complesso sono molto simili tra loro. Da qui la necessità di trattarli insieme al fine di evidenziare

tutte le possibili e complesse relazioni fitogeografiche esistenti tra le due penisole circumadriatico-ioniche.

Nel presente lavoro sono stati inseriti anche dati riguardanti taxa correttamente segnalati in qualche Regione ma che secondo Conti *et al.* (2005) successivamente non sono stati più ritrovati. Non sono state inserite segnalazioni ritenute errate. Inoltre sono stati riportati i dati distributivi di *Papaver degenii*, *Euphorbia wulfenii* e *Centaurea cana* entità tassonomiche che secondo alcuni studiosi andrebbero inserite in altre, mentre nel presente lavoro sono considerate buone specie.

RISULTATI E DISCUSSIONE

L'elenco florisitico delle entità considerate ed i tipi corologici ai quali vengono assegnate sono visibili nel paragrafo che segue la bibliografia consultata. Nel complesso i taxa considerati ammontano a 908. Il numero di specie appartenenti ai tipi corologici considerati per ogni singola Regione è riportato nella Tabella 1.

Dalle ricerche effettuate è emerso che dei 908 taxa considerati:

- 523 taxa sono segnalati nell'Italia settentrionale (Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Liguria, Trentino Alto adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia ed Emilia Romagna;
- 470 taxa sono segnalati nell'Italia centrale (dalla Toscana all'Abruzzo);
- 466 taxa sono segnalati nell'Italia meridionale di cui 25 solo in Sicilia e Sardegna;
- solo 9 taxa tra quelli considerati sono presenti in tutte le regioni;
- 121 taxa sono esclusivi di un unico ambito regionale.

Dalla Tabella 1 si può osservare che la Regione in cui si raggiunge la massima distribuzione è il Friuli Venezia Giulia con 396 taxa. Seguono: Abruzzo con 376 taxa, Veneto con 322, Basilicata con 315, Lazio con 289, Campania con 284, Lombardia con 275, Calabria con 274, Marche e Molise con 270, Trentino-Alto Adige con 257, Puglia con 250 e Toscana con 245 taxa. Nelle altre regioni si registrano valori inferiori.

Tab. 1: Distribuzione dei corotipi considerati nelle Regioni italiane.

Tab. 1: Distribucija korotipov v italijanskih regijah.

REGIONE	TIPO COROLOGICO						Taxa italiani endemico- vicarianti
	Appennino- Balcanico	Illirico	Sud-Est Europeo	Pontico	Est-Alpino-Dinarico ed Est Alpino-Carpatico	Totale	
Valle d'Aosta	8		68	37	2	115	4
Piemonte	21	2	129	68	10	230	13
Lombardia.	26	9	147	70	23	275	13
Trentino-Alto Adige	22	9	133	63	30	257	14
Veneto	41	20	160	72	29	322	18
Friuli Venezia Giulia	56	51	173	81	35	396	10
Liguria	30		92	61	2	185	17
Emilia Romagna	49		88	58	1	196	10
Toscana	82		98	64	1	245	25
Marche	127		8	65		270	33
Umbria	107		68	59		234	31
Lazio	143		79	67		289	43
Abruzzo	192		112	72		376	58
Molise	132		73	65		270	36
Campania	157		68	59		284	39
Puglia	151		49	50		250	39
Basilicata	193		62	60		315	59
Calabria	172		52	50		274	65
Sicilia	125		36	34		195	62
Sardegna	34		18	25		77	18

Da tali dati territoriali si può osservare:

- un gradiente decrescente in direzione ovest dal Friuli Venezia Giulia alla Valle d'Aosta;
- un secondo gradiente decrescente che dall'Appennino centrale si sviluppa in direzione nord-ovest attraverso le Marche, la Toscana, l'Emilia Romagna e la Liguria;
- un terzo gradiente decrescente dalla Basilicata in direzione sud verso Calabria e Sicilia ed in direzione nord verso Campania, Molise e Puglia.

Le Regioni italiane ove iniziano tali gradienti di distribuzione floristica (Abruzzo, Basilicata e Friuli Venezia Giulia) probabilmente possono essere considerate dei centri di conservazione delle entità vegetali dei corotipi considerati. Nelle seguenti Regioni si registra la presenza esclusiva per l'Italia di taxa appartenenti ai tipi corologici considerati: Abruzzo, Calabria, Basilicata, Friuli Venezia Giulia, Liguria, Lombardia, Piemonte, Puglia, Sicilia, Sardegna, Toscana, Trentino Alto Adige, Umbria, Valle D'Aosta e Veneto.

Il Friuli-Venezia Giulia, in considerazione della sua continuità territoriale con la penisola balcanica, è caratterizzato dalla presenza in modo esclusivo di 54 entità balcaniche ed orientali. Altre le condividono con le regioni adiacenti secondo un gradiente decrescente da est verso ovest (Favretto *et al.*, 1992). Nell'insieme si registrano anche taxa presenti in altre regioni nord-occidentali ed assenti nel Friuli Venezia Giulia.

Alcune specie hanno un areale disgiunto che comprende in modo esclusivo la regione veneto-giuliana ed una delle Regioni dell'Italia centro-meridionale quali: l'Abruzzo (*Gentiana tergestina* e *Crocus reticulatus*), le Marche (*Frangula rupestris* e *Euphorbia wulfenii*), il Molise (*Scorzonera villosa*), la Calabria (*Pinus brutia*) e la Puglia (*Genista sylvestris*).

Alcune specie assenti lungo l'intera penisola si ritrovano solo nelle isole mentre altre assenti lungo il litorale adriatico si ritrovano nel litorale tirrenico.

Dalla Tabella 1 si osserva che i tipi corologici non sono rappresentati in modo alquanto uniforme nelle diverse regioni italiane. Le entità sud-est europee sono maggiormente presenti nell'Italia settentrionale, mentre quelle Appennino-Balcaniche sono segnalate in maggior numero nell'Italia centro-meridionale. Le specie Illiriche, Est-Alpino-Dinariche ed Alpino-Carpatiche sono segnalate esclusivamente nelle regioni dell'Italia settentrionale ed in un unico caso anche in Toscana (Italia centrale). Il corotipo Pontico invece sembra più uniformemente distribuito nelle varie Regioni.

Per valutare la diversa capacità di espandersi territorialmente dei taxa in esame si è deciso di adottare un indice chiamato Indice di espansione (Ie) che si ottiene dal seguente rapporto:

$Ie = \text{somma del numero dei taxa segnalati per ogni regione} / 20$ (numero delle regioni italiane)

I risultati ottenuti sono stati i seguenti: Ie = 93,4 per il corotipo Appennino-Balcanico; Ie = 89,1 per il corotipo SE-Europeo; Ie = 59 per il corotipo Pontico; Ie = 6,65 per il corotipo Est-Alpino-Dinarico e Alpino-Carpatico; Ie = 4,5 per il corotipo Illirico.

Da tali dati si ottiene che i taxa appennino-balcanici hanno una maggiore capacità di diffondersi nelle regioni italiane. All'ultimo posto troviamo i taxa propriamente illirici che si attestano nel Friuli Venezia Giulia e solo in pochi casi si diffondono in altre Regioni dell'Italia settentrionale.

Nella Tabella 2 è riportato lo spettro biologico in valori assoluti e percentuali con l'andamento delle forme biologiche nella florula dei 908 taxa considerati. Il 60% del contingente floristico considerato è costituito da Emicriptofite, un insieme di piante tipiche di ambienti temperati, aperti e con copertura erbacea, ma che non mancano anche nelle formazioni arboreo-arbustive. Una loro caratteristica è costituita da gemme svernanti disposte alla superficie del suolo e protette durante la stagione fredda dalla neve o dalle foglie morte.

Tab. 2: Spettro biologico della flora appennino-balcanica, illirica, sud-est europea, pontica, est-alpino dinarica e carpatica.

Tab. 2: Biološki spekter flore: apeninsko-balkanske, ilirske, južno-vzhodno evropske, pontske, vzhodno-alpsko dinarske in karpatske.

Forma biologica	Numero Taxon	Valori percentuali (%)
Emicriptofite	548	60
Geofite	97	11
Camefite	93	10
Terofite	98	11
Fanerofite	43	5
Nanofanerofite	29	3
Totale	908	100

- Le Terofite (11%) sono specie annuali che superano la stagione avversa sotto forma di semi che si sviluppano nel breve periodo stagionale con precipitazioni e temperature favorevoli. Sono tipiche delle dei prati aridi mediterranei, delle zone aride e desertiche subtropicali e degli ambienti rimaneggiati dall'attività dell'uomo, in particolare dall'agricoltura, che con le varie lavorazioni consente lo sviluppo solo di piante che completano il loro ciclo biologico nel corso di un anno solare.
- Le Geofite (11%) sono piante che durante la stagione avversa non presentano organi aerei sulla superficie del suolo. Possiedono organi ipogei (bulbi, rizomi e tubercoli sotterranei) che hanno una rapida ripresa vegetativa allorché le condizioni ambientali diventano favorevoli. Possono crescere in ambienti diversi generalmente non disturbati dall'attività antropica.
- Le Camefite (10%) sono piante con fusto almeno in parte legnoso che non supera l'altezza di circa 50 cm dal suolo. In ambiente mediterraneo e submediterraneo esse sono generalmente tipiche di ambienti rupestri. Il loro particolare portamento, aderente alla superficie del suolo, e l'apparato vegetativo disposto a cuscinetti o a pulvini assicurano la protezione dalle elevate avversità termiche.
- Le Fanerofite (5%) e le Nanofanerofite (3%) sono piante perenni e legnose a portamento arboreo ed arbustivo. Esse di solito colonizzano ambienti non disturbati dall'uomo.

I dati della Tabella 2 confermano, da una parte che le entità italo-balcaniche nel complesso sono tipiche degli ambienti temperati prevalenti nelle due penisole, dall'altra parte la grande eterogenetità ambientale delle penisole stesse; in caratterizzate da grandi montagne, boschi, grandi superfici coltivate, ambienti aridi in qualche caso semidesertici e da una disposizione territoriale che si estende dalle medie latitudini europee sino ai meridiani che lambiscono le regioni più settentrionali del continente africano. In tali ambiti possono vegetare piante con forma biologica completamente opposte quali le Camefite e le Terofite ed ovviamente tutte le altre con caratteristiche intermedie.

La distribuzione dei 908 taxa in esame distinti in piani di vegetazione ha il seguente andamento:

- piano litoraneo compreso tra 0 e 100 metri di altitudine con 537 taxa
- piano collinare compreso tra 100 e 900 metri con 685 taxa
- piano montano compreso tra 900 e 1800 metri con 678 taxa
- piano subalpino compreso tra 1800 e 2300 metri con 277 taxa
- piano alpino oltre 2300 metri con 136 taxa.

Dai dati riportati si può osservare che tra le specie in esame prevalgono le specie tipiche dell'ambiente

collinare, seguite dalle entità del piano montano e da quelle del piano litoraneo.

La distribuzione per ambienti invece dimostra che prevalgono le specie tipiche degli ambienti aperti, aridi, rupestri e soleggiati. Di conseguenza si può concludere che nella penisola italiana la componente vegetale Appennino-Balcanica, Illirica, Est-Alpino-Dinarica, Est-Alpino-Carpatica, Sud-Est-Europea e Pontica è maggiormente localizzata nel settore alpino, nel margine inferiore delle Alpi e nei settori appenninico e preappenninico. Una quota non trascurabile è anche diffusa lungo il piano litoraneo. Le maggiori presenze si registrano in ambienti conservativi e specializzati quali quelli delle rupi, dei ghiaioni, dei prati aridi, dei pascoli montani e subalpini.

Le specie endemiche vicarianti

Per taxa endemici vicarianti geografici s'intendono tutte le entità endemiche caratterizzate da un'elevata affinità morfo-genetica che si sviluppano in habitat più o meno simili di territori separati tra loro. Secondo Bedulli (1993), geograficamente, il fenomeno è la conseguenza della separazione di un unico areale primitivo in due nuovi areali a causa dell'instaurarsi di una barriera e di un processo di speciazione allopatrica dovuta al fatto che una specie si trova separata in due distinte regioni senza la possibilità d'interscambi genetici.

L'analisi delle entità endemiche italiane e balcaniche vicarianti tra loro fornisce un ulteriore contributo utile a chiarire l'origine e la distribuzione delle specie comuni alle due penisole.

La vicarianza geografica non esiste solo tra taxa endemici ma anche tra taxa non endemici e caratterizzati da un areale più vasto, come ha messo in evidenza Stevanović (1996). Nel presente lavoro tali entità non saranno considerate.

Nell'ambito della penisola italiana sono state conteggiate 201 entità endemiche italiane ad elevata affinità con entità endemiche balcaniche e quindi vicarianti geografici degli stessi.

Nelle regioni dell'Italia centro-meridionale è presente un maggior numero di entità endemiche vicarianti rispetto alle regioni dell'Italia settentrionale, a dimostrazione di una maggiore affinità vegetale con la penisola balcanica.

In assoluto il maggior numero di taxa è segnalato in Calabria con 65 diverse entità. In Sicilia ne risultano segnalati 62, in Basilicata 59, in Abruzzo 58 e nelle altre Regioni valori inferiori a 50. Nell'Italia settentrionale il maggior numero di taxa è segnalato in Veneto con 18, mentre nelle altre regioni si registrano valori inferiori. Il Friuli Venezia Giulia, regione di confine e principale porta d'ingresso nella penisola di specie orientali, registra un basso numero di entità endemiche italiane vicarianti di entità balcaniche. In Liguria, invece, situata

più ad ovest della regione veneto-giuliana, se ne registra un numero maggiore. In un'altra porta d'ingresso di specie orientali quale la Puglia si registrano valori di entità endemico-vicarianti inferiori a quelli delle regioni vicine. Da tali dati iniziali si può concludere che il fenomeno innanzitutto non è legato alla vicinanza geografica con la penisola balcanica.

Alcune specie quali *Potentilla saxifraga*, *Potentilla valderia*, *Alyssum argenteum*, *Achillea nana* e *Micromeria marginata* sono localizzate nelle Alpi Marittime, mentre le specie a loro più affini sono presenti in Bulgaria, Grecia e Croazia. Un'altra specie, *Sanguisorba dodecandra*, è localizzata in Lombardia mentre l'entità endemica balcanica ad essa più prossima (*Sanguisorba albanica*) è presente in Albania. Una bellissima primulacea delle Alpi orientali, *Primula tyrolensis*, a sua volta è vicariante di *Primula kitaibeliana* presente lungo la catena dei Velebit. Anche altre specie presentano ampie disgiunzioni difficilmente interpretabili.

In base alla distribuzione regionale di tali piante si possono individuare diversi centri di specializzazione e formazione di endemismi italiani con piante ad affinità balcanica ed orientale quali:

- L'Appennino meridionale ove sono presenti circa 80 taxa vegetali endemici. Alcuni di essi sono condivisi con l'Appennino centrale ed altri sono esclusivi.
- L'Appennino centrale ove, invece, sono presenti circa 70 taxa endemici ad affinità balcanico-orientali, alcuni dei quali esclusivi ed altri condivisi con l'Appennino settentrionale, meridionale o con entrambi.
- La Sicilia con oltre 60 taxa in gran parte esclusivi della Sicilia stessa e di alcune sue isole minori.
- La regione pugliese con circa 40 taxa endemici ad affinità balcanico-orientale di cui alcuni esclusivi del promontorio del Gargano, delle isole Tremiti e della penisola salentina.
- La Toscana con 25 taxa endemici di cui alcuni esclusivi delle Alpi Apuane.

Tali centri di specializzazione e formazione di endemismi coincidono con i più importanti centri di formazione degli endemismi lungo la penisola italiana.

Dalla somma di tutte le entità dei tipi corologici considerati appennino-balcaniche, endemiche vicarianti etc. si evidenzia che la Regione italiana dove è presente il maggior numero di taxon ad affinità balcanico-orientali è l'Abruzzo con 434, seguito dal Friuli Venezia Giulia con 406, la Basilicata con 375, il Veneto con 340, la Calabria con 339, il Lazio con 332, la Campania con 323, il Molise con 318, le Marche con 303 e poi tutte le altre Regioni con valori inferiori a 300 taxa ciascuna. Nel complesso si hanno più entità vegetali ad affinità balcanica nell'Italia meridionale rispetto all'Italia centrale e settentrionale.

Origine delle specie ed ipotesi di vie di migrazioni

Come si è visto il contingente di specie italo-balcaniche considerato nel presente lavoro è composto da entità di diverse categorie corologiche ed origini geografiche. Alcune di esse sono considerate avventizie in quanto sono state introdotte in Italia più o meno casualmente a causa dell'attività antropica. Altre si sono diffuse spontaneamente seguendo ognuna delle rotte migratorie che saranno analizzate in seguito. Vari studiosi, in un passato più o meno recente, si sono occupati delle origini e delle rotte migratorie percorse da tali particolari piante nell'espansione del loro areale a partire dal centro di origine.

In tale sede si riporteranno alcune tra le più significative ed importanti tesi sostenute. Secondo Trotter (1912), le specie italo-balcaniche sono costituite nell'insieme da entità mediterranee accantonate in ambiti di rifugio in seguito alla riduzione dell'areale primitivo. Secondo Uzunov *et al.* (2005) i taxa considerati appennino-balcanici hanno le seguenti origini:

- un gruppo di specie è di origine arcto-alpina e popolava la catena delle Alpi prima delle glaciazioni quaternarie;
- un secondo gruppo di specie consiste in entità relitte dell'era terziaria sopravvissute nelle due penisole circumadriatiche in opportune isole di rifugio. Il loro areale primitivo era più vasto di quello attuale.
- un terzo gruppo di specie è di origine est-mediterranea ed il loro areale attuale è limitato alle due penisole o alle isole che le circondano.

Considerata tale alta eterogeneità ambientale, si presume che le migrazioni floristiche avvennero in epoche diverse a partire dal Terziario. Inoltre, poiché la maggioranza delle specie è di origine orientale e la penisola balcanica è di più antica formazione rispetto a quella italiana, tali migrazioni avvennero in prevalenza in direzione occidentale.

Alla flora presa in esame, appartengono diverse entità dei seguenti generi d'origine mediterranea: *Pinus*, *Dianthus*, *Gypsophila*, *Silene*, *Alyssum*, *Aurinia*, *Ranunculus*, *Trifolium*, *Linaria*, *Festuca*, *Anthyllis*, *Salvia*, *Lavatera*, *Campanula*, *Leucanthemum*, *Achillea* e *Crocus*. Ad essi vanno aggiunte le entità est-mediterranee migrate in direzione occidentale appartenenti ai seguenti generi: *Carum*, *Huetia*, *Sesleria*, *Silene*, *Stachys*, *Alysoides* e *Edraianthus*.

Questo gruppo di specie, insieme alle entità arcto-alpine ed altre relitte terziarie ed alle entità endemiche vicarianti, possono essere considerate le superstiti di un fondo di vegetazione comune alle due penisole prese in considerazione, confermando in tal modo le tesi di Trotter (1912). È tuttavia probabile che ad esse vadano aggiunte anche le specie di origine ovest-mediterranea che in qualche era geologica passata migrarono in direzione inversa dalla penisola italiana a quella balca-

nica. Secondo Trotter (1912) 36 entità floristiche di origine occidentale dall'Italia, ove sono più diffuse, raggiunsero le terre sulle opposte sponde adriatico-ioniche. Secondo Turrill (1929), invece, 34 specie a generale distribuzione mediterraneo-occidentale sono presenti nella penisola balcanica ed altre 32 specie mediterraneo-occidentali diverse dalle precedenti sono presenti nella penisola balcanica e lungo il litorale tirrenico italiano ma non in Sicilia.

Vari taxa sia animali sia vegetali considerati paleo-tirrenici o mediterraneo-occidentali raggiunsero la Puglia durante il Rissiano e successivamente penetrarono in Dalmazia; tra essi il coleottero *Pedinus meridianus* e la piccola e graziosa leguminosa *Coronilla valentina*.

Recenti ricerche hanno dimostrato che 40 diverse specie mediterraneo-occidentali (tra cui *Teucrium fruticans* e *Brassica incana*) hanno in Albania il loro limite orientale di distribuzione geografica.

Il gruppo di *Campanula isophylla*, che si ritiene di origine paleotirrenica, in Italia è rappresentato da 6 taxa endemici mentre nella penisola balcanica da 7. Di conseguenza è ipotizzabile che le entità balcaniche si siano originate da una specie ancestrale che in epoca prequaternaria attraverso la Puglia migrò in direzione orientale.

Oltre che dalla Puglia non può essere escluso che le migrazioni floristiche da ovest verso est si siano svolte anche attraverso altre direttrici, tra cui il margine meridionale delle Alpi e il Carso triestino. A tal proposito Trinajstić (1987) sostiene che *Euphorbia spinosa* e *Arceuthobium oxicedri* attraverso il margine orientale dell'Alpi si diffusero da ovest verso est penetrando più o meno profondamente lungo il territorio dinarico.

Altri generi e specie vegetali, a dimostrazione di antichi collegamenti territoriali, sopravvivono in stazioni relittiche nella penisola balcanica e nella penisola iberica, ma sono assenti lungo la penisola italiana. Tra queste alcune specie del genere *Ramonda* e *Merendera* presenti esclusivamente nelle penisole iberica e balcanica. Altri generi invece sono caratterizzati da entità endemiche vicarianti iberico-balcaniche.

Ritornando alle possibili origini e vie di migrazione delle entità oggetto del presente lavoro, specie più orientali, addirittura centro-asiatiche, migrarono verso occidente e successivamente si differenziarono nei territori circumadriatico-ionici in entità comuni o endemiche vicarianti. Appartengono a questa categoria i taxa dei generi *Astragalus*, *Oxytropis*, *Draba*, *Gentiana*, *Pedicularis*, *Crepis* e *Saxifraga* che sono originari delle steppe e delle montagne dell'Asia centrale.

Nella penisola anatolica, invece, hanno il centro d'origine i seguenti generi orientali a cui appartengono varie entità appennino-balcaniche: *Asyneuma*, *Phlomis*, *Pethroragia* e *Verbascum*.

Le piante tipiche degli ambienti aridi e delle steppe est-europee migrarono in direzione nord-occidentale at-

traversando un corridoio posto a nord della catena alpina che collegava le valli del Danubio, della Sava, del Reno e del Rodano con il margine inferiore delle Alpi. Attraverso questo corridoio queste piante penetrarono nelle valli interne e nei territori vicini più adatti ad ospitarle. Alla luce di tale ipotesi è possibile ammettere che gli elementi floristici ponto-pannonici, assenti nel Friuli Venezia ma presenti nelle Alpi Occidentali, percorsero tale corridoio. Molte entità balcanico-orientali tipiche dei ghiaioni, prati aridi, magredi, praterie alpine, festuceti e xerobrometi alpino-occidentali percorsero tale importante direttrice.

Tuttavia il corridoio steppico nord-alpino-danubiano non è stato l'unico percorso seguito per la colonizzazione floristica delle Alpi Occidentali da parte di elementi balcanico-orientali. Altre possibili rotte d'emigrazione possono essere state:

- un corridoio in territorio italiano, definito da Audisio & De Biase (1993) "Illirico-Cisalpino", percorso in direzione est-ovest nei periodi interglaciali caldi. Esso univa la Dalmazia con le Prealpi, le Alpi Orientali e le Alpi Occidentali.
- un corridoio definito da Audisio & De Biase (1993) "Appenninico-Transadriatico" percorso in direzione nord-ovest che univa i Balcani con l'Appennino e le Alpi Occidentali.

Secondo Turrill (1929) la flora pontica occidentale era presente nel Sud Europa durante l'era terziaria, si ritirò parzialmente durante le glaciazioni in opportune isole di rifugio, dalle quali al ritiro dei ghiacci si espanse secondo modalità e termini già esaminati. Dal Quaternario la distruzione delle foreste operate dall'uomo per ricavare terreni agricoli e pascoli per gli armenti favorì la diffusione degli elementi pontici segetali e steppici. Kaligarić *et al.* (2006) propone un modo di dispersione con attività umana nella direzione SE-NO.

Poldini (1971), in accordo con Beck (1906), ritiene che la flora illirica costituisca un'appendice fortemente differenziata della flora pontica occidentale che lambisce il margine orientale delle Alpi e si pone a contatto con la flora mediterranea. Poiché non ha subito le influenze nefaste delle glaciazioni quaternarie questa flora è caratterizzata da un elevato numero di endemismi.

Siccome le specie illiriche nel complesso sono caratterizzate da un'elevata termoxerofilia, sono state spesso connesse alla flora pontica e definite anche pontiche occidentali.

Secondo Montelucci (1952), i taxa vegetali transadriatici che si trovano esclusivamente lungo la catena appenninica ed alcune catene costiere della penisola balcanica, costituiscono un relitto di vegetazione di epoche fredde rifugiatisi ad alta quota. Molto spesso tali entità vengono definite anche illirico-appenniniche o anfiadriatiche. Esse insieme a tutte le entità illiriche, rappresentano un gruppo derivato da una corrente migratoria continentale di origine centro-asiatica. Tale

tesi però non è da tutti condivisa in quanto la flora illirica anziché centro-asiatica è di origine mediterranea. Infatti, secondo Trinajstić (1992) è più realistico pensare che la flora illirica si è differenziata dall'antica flora mediterranea presente dal livello del mare alle cime delle Alpi Dinariche.

La componente endemica appenninica centro-meridionale d'alta quota con notevoli vicarianze nella penisola balcanica, secondo Montelucci (1952), rappresenta l'estremo residuo di una vegetazione terziaria e la differenziazione locale w-meridionale d'emigrazione.

Dalla flora mediterranea, secondo Pignatti (1959), si sarebbe differenziata anche la flora montana del Sud-Europa a cui appartiene il corotipo SE-Europeo considerato nel presente lavoro.

Le entità dei generi *Alchemilla*, *Campanula*, *Phyteuma* e *Pinus* considerati, probabilmente discendono da antiche specie tropicali che durante l'era terziaria, all'inizio del l'orogenesi alpina, si adattarono a vivere nell'ambiente montano secondo le seguenti diverse modalità:

- radiazione adattativa ed esclusione competitiva: consistono in processi di specializzazione che subiscono organismi viventi simili e con le stesse origini per adattarsi a diverse condizioni ambientali e conquistare ognuna l'attuale nicchia ecologica;
- esclusione competitiva: si ha quando tra due specie che cercano di conquistare le stesse risorse, una prende il sopravvento sull'altra;
- processi di autopoliploidia: portano al raddoppio del corredo cromosomico per favorire un maggior adattamento ambientale e probabilità di sopravvivenza.

La flora Est- Alpino-Dinarica è costituita da elementi alpino-orientali che prolungano il loro areale nella penisola balcanica. Varie specie sono considerate relitte e rappresentanti della flora terziaria sopravvissuta in oasi di rifugio non toccate dalle glaciazioni e disposte ai margini delle Alpi Orientali o in vari ambiti della penisola balcanica. Secondo Poldini (1971), nel territorio carsico montano vari elementi terziari est-alpino-dinarici durante il periodo glaciale sopravvissero in isole di rifugio. Il Carso triestino, a suo avviso, durante il Wurm si spopolò quasi completamente per essere successivamente ricolonizzato da elementi illirico-pontici provenienti dal retroterra balcanico.

Secondo Horvat (1962), la flora alpina penetrò in direzione SE attraverso un corridoio costituito dai monti Risnjak, Nevoso (Snježnik) e Gorski Kotar mescolandosi a quella illirica e lasciando delle tracce visibili anche ai nostri giorni. Infatti, nelle montagne del Gorski Kotar situato dietro Fiume e della Velika Kapela più a sud, varie specie d'origine alpina raggiungono il loro limite di distribuzione orientale, tra cui *Valeriana elongata*, *Ranunculus traunfelleri*, *Festuca pumila* e *Saussurea discolor*. Altre, a loro volta, si sono diffuse penetrando più o meno profondamente lungo le Alpi dinariche sino

a raggiungere la catena scardo-pindica. In alcuni casi dalla frammentazione dell'areale originario e dall'isolamento geografico si sono originate specie endemiche balcaniche vicarianti di specie alpine: *Primula kitabeliana* vicariante di *Primula tyrolensis*, *Primula deorum* vicariante di *Primula integrifolia*, *Saxifraga prenja* vicariante di *Saxifraga sedoides*, *Saxifraga malyi* vicariante di *Saxifraga paniculata*, *Cerastium dinaricum* vicariante di *Cerastium alpinum* ed altre.

Molte piante alpine, come detto, sono di origine euroasiatica, essendo originarie della catena dell'Himalaya. Anche in questo caso, durante gli spostamenti da est verso ovest si formarono alcune nuove specie per isolamento geografico. In questo senso le specie endemiche vicarianti alpine e balcaniche hanno un'origine molto più antica che risale al Terziario, e derivano da specie parentali euroasiche. Vari studi hanno evidenziato che nell'ambito del Friuli Venezia Giulia taxa sia animali sia vegetali raggiungono rispettivamente il loro limite di distribuzione geografica orientale o occidentale. A tal proposito Gentili (1986) collocherebbe in tale ambito una soglia biogeografica che agisce tra la regione balcanico-danubiana connessa all'immenso serbatoio genetico asiatico e la penisola italiana ricca di varietà ambientale.

Zenari (1950) colloca nella regione veneto-giuliana i confini nord-occidentali di una particolare sottoregione floristica che si prolunga lungo l'attuale costa croata ed è caratterizzata da una notevole presenza di elementi pontici, pannonicici ed illirici assenti nel resto d'Italia.

Le entità italo-balcaniche presenti anche in Sicilia possono essere la conseguenza di:

- migrazioni dapprima in direzione est-ovest e successivamente da nord a sud lungo la penisola italiana sino al raggiungimento dell'isola;
- antiche connessioni che si stabilirono durante il Rissiano tra la Sicilia l'Egeo ed il Nord-Africa.

Le affinità esistenti tra le entità endemiche balcanico-orientali ed i taxa endemici tipici delle Alpi Marittime e delle altre catene Alpino-Centro-Occidentali documentano la discendenza da:

- antenati comuni che popolavano l'Europa meridionale dai Pirenei al Caucaso durante l'era terziaria, differenziatisi in nuovi taxa a causa del lungo isolamento geografico;
- entità balcanico-anatoliche migrate dal centro d'origine in direzione nord-occidentale seguendo diverse direttrici.

A questo punto ci si chiede quali direttrici hanno percorso le varie entità vegetali in considerazione per emigrare dalla penisola balcanica a quella italiana o viceversa. A tal proposito sono state elaborate varie ipotesi e supposte più direttrici d'emigrazione. Esse verranno esaminate nel dettaglio al fine di verificarne il grado di verosimiglianza avvalendosi anche del contributo di studi e ricerche faunistiche.

La via carsica nord-adriatica

Le ricerche effettuate hanno evidenziato che su 908 taxa considerati 516 sono segnalati nell'Italia settentrionale e 390 nel Friuli Venezia Giulia, a dimostrazione che la continuità territoriale diretta esistente tra le penisole italo-balcaniche attraverso il Carso triestino ed il resto della Regione veneto-giuliana ha rappresentato un'importante porta d'ingresso che ha arricchito innanzitutto l'area di confine ed ha anche favorito gli scambi floristici da una parte all'altra in entrambe le direzioni.

Infatti, molti taxa di origine orientale (egeica, sud-est-europea, pontica, anatolica e turanica) attraverso questa importante porta d'ingresso in epoche passate penetrarono e si diffusero lungo la penisola italiana. Il fenomeno è ancora in atto come dimostra il ritrovamento di nuovi taxa d'origine orientale nel Friuli-Venezia Giulia innanzitutto ed anche in altre regioni italiane vicine.

Innanzitutto è avvenuta una migrazione floristica in direzione occidentale secondo un gradiente più o meno decrescente dai territori di confine orientale a quelli occidentali. Secondo Gentili (1986) le specie orientali varcarono la soglia friulana nelle ere geologiche in cui il clima era caratterizzato da un aumento delle temperature medie e delle piogge estive nel bacino balcanico-danubiano a regime continentale, e una riduzione della piovosità media sulla penisola italiana caratterizzata da un clima più oceanico.

Alcuni dei taxa considerati raggiungono in una delle regioni settentrionali il loro limite occidentale di distribuzione geografica, mentre altri sono esclusivi di un unico ambito regionale. A tal proposito emerge che 55 taxa sono esclusivi del Friuli Venezia Giulia, 9 del Veneto, 2 ciascuno del Piemonte, Lombardia e Liguria ed uno ciascuno del Trentino Alto Adige e della Valle d'Aosta. 21 taxa raggiungono il loro limite di distribuzione geografica in Veneto, 17 in Trentino Alto Adige, 80 in Lombardia, 64 in Piemonte e 8 in Liguria.

Anche nell'ambito della fauna avviene lo stesso fenomeno. Infatti, secondo Osella *et al.* (2005) vari coleotteri d'origine orientale penetrarono in Italia attraverso l'Istria ed il Carso triestino. Alcuni di essi si sono diffusi nel resto della penisola seguendo il margine inferiore delle Alpi. Altri invece attraversarono la Pianura padana ed il Po per raggiungere prima l'Appennino settentrionale e poi quello centro-meridionale.

In ambito floristico si ritiene che le specie balcanico-orientali che dal Carso triestino penetrarono attraverso la penisola seguendo il margine inferiore delle Alpi successivamente si diffusero lungo l'Appennino più o meno profondamente. Le seguenti specie presenti anche in Liguria, le Alpi Apuane, e varie stazioni prealpine ne rappresentano un classico esempio: *Anthyllis vulneraria* ssp. *pulchella*, *Grafia golaka* e *Sesleria kalnikensis*. Di conseguenza il passaggio attraverso la Pianura padana ed il Po per la flora dovrebbe escludersi, ma non esi-

stono certezze in tal senso e probabilmente per alcune specie ciò potrebbe essere accaduto. Infatti, gli areali attuali di *Pinus nigra* e di *Cotinus coggygia* ne potrebbero essere una conferma.

Varie entità balcanico-orientali esaminate non sono presenti nel Friuli Venezia Giulia e ciò potrebbe essere la conseguenza sia di possibili estinzioni che di una porta d'ingresso alla penisola italiana diversa dal Carso triestino. Anche l'esistenza nell'ambito della Regione di soli 390 taxa, un numero notevolmente inferiore al totale delle specie presenti nell'Italia settentrionale porta a pensare che gli scambi floristici avvennero attraverso altre vie e porte.

Il ponte terrestre Ancona-Zadar

Durante l'epoca di massima glaciazione del Wurm la linea di costa tra le due penisole circumadriatiche era ubicata qualche centinaio di chilometri più a sud di quella odierna e praticamente congiungeva l'attuale Ancona con Zadar. Tutto il territorio posto a nord di tale asse era occupato da terre emerse e zone acquitrinose. A sud, invece, la distanza tra le due penisole era notevolmente inferiore a quella attuale. Nella penisola balcanica molte isole ora emerse erano inglobate nella terraferma. Contemporaneamente la linea di costa della penisola italiana si prolungava per vari chilometri verso est.

Si è ipotizzato che attraverso il ponte terrestre situato a nord della linea Ancona-Zadar in passato avvennero scambi floristici ma tale ipotesi è stata abbandonata. Se ciò fosse stato vero la flora e la fauna della Provincia di Rovigo, dell'Emilia Romagna e dei territori dell'opposta sponda dovrebbero essere molto simili, un fatto non corrispondente alla realtà. Inoltre il substrato sabbioso e l'ambiente palustre di quei territori non consentiva l'attecchimento di specie litofile tipiche di ambienti rupestri e pietrosi che contraddistinguono l'insieme della flora appennino-balcanica.

Poiché varie specie tra quelle esaminate si rinvenivano anche in ambienti umidi si può pensare che almeno per alcuni di essi il ponte terrestre a nord dell'asse Ancona-Zadar costituì un ambito territoriale da percorrere per la colonizzazione di nuovi territori. Purtroppo tale ipotesi non ha conferme.

I ponti terrestri dalmato-garganico e salentino-albanese

Tra i vari taxa riportati nel presente lavoro, ce ne sono alcuni presenti nel Friuli Venezia Giulia e nel resto d'Italia che documentano una migrazione in direzione sud. Molti altri, invece, sono assenti sia nella regione veneto-giuliana che nel resto dell'Italia settentrionale. Poiché si suppone che la maggior parte è di origine orientale, la loro presenza nella penisola italiana si giustifica solo ammettendo altre porte d'ingresso, quali i ponti dalmato-garganico e salentino-albanese.

A partire dal 1860 a più riprese vari geologi sostennero che durante ere geologiche passate esisteva una terra emersa chiamata Adriatide che univa il Gargano con la Dalmazia. Agli inizi del nuovo secolo importanti botanici quali Adamović, Beck ed Engler fecero proprie le teorie geologiche sull'Adriatide per spiegare la presenza di entità floristiche balcaniche nel Mezzogiorno d'Italia supponendo che attraverso le terre, un tempo emerse avvennero le migrazioni floristiche.

Trotter nel 1912 analizzando la distribuzione di 405 specie balcanico-orientali, in base alle conoscenze allora disponibili, osservò che siccome 300 di esse erano localizzate nell'Italia meridionale, molto probabilmente rappresentavano il frutto di scambi floristici attraverso un ipotetico ponte localizzato nel sud della penisola italiana.

Più tardi Gridelli (1950) avvalendosi dei contributi e delle ricerche geologiche successive ed analizzando in modo molto dettagliato la distribuzione di 138 coleotteri transadriatici giunse ad ipotizzare le possibili vie di migrazione e di collegamento da essi seguiti. Le conclusioni a cui Gridelli (1950) pervenne con le sue importantissime ricerche sono le seguenti:

- gli organismi che hanno l'areale diviso in due parti dal Mare Adriatico hanno la loro origine in una delle regioni delle opposte sponde;
- l'areale attuale di un organismo vivente riflette il suo passato geologico;
- l'esistenza di popolazioni della stessa specie lungo le sponde delle due penisole circumadriatiche può essere spiegata ammettendo collegamenti territoriali terrestri in epoche geologiche passate.

I più antichi collegamenti tra il Gargano con la costa dalmata e tra l'attuale penisola salentina con la Grecia-Albania risalgono all'era terziaria, nel Miocene. Infatti, in quell'epoca si suppone che il Gargano costituiva l'estrema propaggine di una penisola che lo collegava con la Dalmazia e l'Asia minore ed era formata dall'attuale penisola di Sabbioncello (Pelješac) e dalle isole Tremiti, Pianosa, Lastovo e Korčula. Il Salento, a sua volta, era collegato con l'Albania e la Grecia ionica e costituiva l'estrema propaggine occidentale dell'Egeide meridionale (Gridelli, 1950). Un tratto di mare intermedio chiamato "solco transegeico" separava i territori dell'attuale penisola salentina dal Gargano stesso. Dal Gargano e dal Salento le specie orientali si diffusero per il resto della penisola seguendo due diverse direzioni: una a nord che risaliva lungo l'Appennino e consentì di raggiungere anche le Alpi Apuane ed una a sud che invece scendeva lungo l'Appennino meridionale.

Alla fine del Miocene, in particolare nel Messiniano (tra 6.5 e 5.5 milioni di anni fa), lo stretto di Gibilterra si sollevò a causa di movimenti tettonici, si chiusero le comunicazioni con l'oceano Atlantico ed il Mar Mediterraneo non ricevendo le acque oceaniche iniziò a disseccarsi trasformandosi in un grande bacino con

pochi laghi sparsi. I fondali dell'Adriatico emersero completamente a causa della sua evaporazione totale. Siccome si presume che il livello del mare diminuì di circa un metro l'anno è possibile che anche i fondali più bassi dell'intero bacino emersero per lunghi periodi di tempo. Secondo Bosellini (2005) il Mediterraneo miocenico doveva assomigliare alle attuali vallate semi-desertiche del Nevada e della California caratterizzate da grandi laghi effimeri prosciugati e bianchissimi depositi salini.

Nuovi ponti terrestri si formarono ed organismi viventi sia animali che vegetali paleotirrenici-occidentali e paleoegeici-orientali espansero i loro areali migrando ognuno in direzione opposta rispetto ai territori d'origine.

Altre migrazioni avvennero anche attraverso la Sicilia ed il continente africano, all'epoca uniti tra loro.

In questo caso elementi vegetali est mediterranei attraverso il ponte africano raggiunsero sia la Sicilia sia la Sardegna ed in qualche caso risalirono l'attuale penisola. Secondo Pignatti (1997) alla vicenda del Messiniano va connessa l'esistenza in Italia dei seguenti gruppi di piante di diversa origine geografica:

- piante delle creste ventose appartenenti ai generi *Astragalus* e *Genista*;
- piante tipiche dei suoli salati e salmastri dei seguenti generi: *Salicornia*, *Salsola*, *Suaeda*, *Inula*, *Aster*, *Artemisia*, *Arthrocnemum* e *Tamarix*;
- piante della famiglia delle *Plumbaginaceae* appartenenti al genere *Armeria* ed al genere *Limonium* tipico delle rupi marittime.

Nel Pliocene, circa 5,4 milioni di anni fa le comunicazioni con l'Atlantico ripresero, s'interruppero i ponti terrestri esistenti ed il Mediterraneo assunse una configurazione molto simile a quella attuale.

Nel Quaternario, in piena era glaciale, durante la regressione romana tra 250.000 e 170.000 anni fa, si ristabilì il ponte dalmato-garganico e le migrazioni floristiche tra le opposte sponde dell'Adriatico ebbero l'opportunità di una nuova fase. In più occasioni durante le glaciazioni pleistoceniche la Sicilia restò collegata alla Calabria favorendo le migrazioni di specie tra i due territori in entrambe le direzioni.

Recenti teorie sulla geografia dell'Adriatico meridionale mettono parzialmente in discussione le ipotesi geologiche sin qui riportate, in qualche caso smentendo l'ipotesi di ponti territoriali ed in altri sostenendo l'esistenza di altri. Alcune ipotesi di Gridelli (1950) sulla geografia dell'Adriatico meridionale vennero subito parzialmente corrette da Pasa (1953) che tuttavia non ne smontò l'intero complesso che restava pur sempre valido.

Secondo de Giuli *et al.* (1987) l'Adriatico meridionale dall'Oligocene al Tortoniano era costituito da un arcipelago inserito in un Mare poco profondo con territori discontinuamente connessi, denominato Regno

Apulo-Dalmatico. I suoi principali elementi territoriali erano: le colline delle Murge, la penisola salentina, il Tavoliere che si estendeva a nord sino all'asse fluviale del Fortore-Sangro, la penisola garganica ed il basso promontorio con un mare poco profondo che collegava il Gargano alla regione di Split-Dubrovnik (Spalato-Ragusa). Durante il Tortoniano, secondo de Giuli *et al.* (1987), un'ingressione marina provocò una forte riduzione delle terre emerse. Durante il Messiniano la superficie delle terre emerse aumentò e molti territori prima isolati tornarono ad essere collegati. Tali collegamenti terrestri resero possibili le migrazioni floro-faunistiche in entrambe le direzioni est-ovest ed in questo senso le vecchie ipotesi trovano una conferma. Di conseguenza tali nuove teorie sulla geografia dell'Adriatico meridionale non escludono le migrazioni floristiche poiché ammettono l'esistenza di terre emerse che, anche se non continue avvicinavano di molto rispetto all'epoca odierna le penisole. Di conseguenza le tesi di Gridelli (1950) risultano tuttora degne di interesse e pertanto verranno esaminate nei suoi aspetti principali. Analizzando nel dettaglio la distribuzione dei coleotteri transadriatici egli giunse a delle interessanti conclusioni che possono essere ritenute valide anche per la flora con le stesse caratteristiche. In particolare sostenne che:

- sono molto più numerose le specie balcanico-orientali presenti nell'Italia appenninica che quelle italiane presenti nella penisola balcanica;
- nell'ambito delle specie transadriatiche ne possono essere individuate alcune paleoappenniniche, altre transadriatiche vere e proprie ed altre paleoegeiche;
- le specie transadriatiche vere e proprie varcarono l'Adriatico quaternario nel Plesitocene durante la Regressione romana attraversando la soglia dalmato-garganica. L'attuale carattere di transadriaticità è la conseguenza della frammentazione dell'unico grande areale pleistocenico a seguito dell'immersione di parte dei territori costituenti la soglia stessa.
- le specie paleoegeiche varcarono l'Adriatico miocenico durante il Pontico irradiandosi nell'Italia appenninica dell'epoca ed assunsero la distribuzione attuale nel Pliocene quando il mare Adriatico venne a configurarsi nella sede odierna;
- le specie paleoegeiche possono essere distinte in un ramo settentrionale che si irradiò nella penisola italiana attraverso il Gargano ed in un ramo meridionale o transionico che penetrò attraverso il Salento;
- le specie paleoappenniniche varcarono l'Adriatico miocenico durante il Pontico per raggiungere il continente egeico. La fauna paleoappenninica era inferiore in numero di specie rispetto a quella paleoegeica in quanto in quel periodo l'Appennino era ancora in formazione ed era costituito da piccole isole che ovviamente non potevano ospitare una maggiore varietà faunistica rispetto al continente egeico molto più vasto. Anche esse durante il Plio-

cene assunsero la loro geonemia attuale per frammentazione dell'antico areale pontico.

- alcuni taxa sono rappresentativi di possibili migrazioni faunistiche avvenute in tempi più antichi, agli inizi del Paleocene o addirittura durante il Cretaceo.

Anche in ambito botanico le tesi di Gridelli (1950) sono state ampiamente condivise e le ricerche effettuate hanno portato in certi casi a stabilire per i taxa italo-balcanici sia le possibili rotte di emigrazione che le epoche in cui sono avvenute. Infatti, secondo Tomaselli (1961) durante il Pontico con il passaggio da un clima tropicale umido a subtropicale caldo e secco e grazie ai ponti terrestri allora esistenti:

- dalla Dalmazia raggiunsero il Gargano varie specie vegetali d'origine centro-asiatiche e genericamente orientali quali: *Camphorosma monspeliaca*, *Halocnemum strobiliaceum*, *Tunica (Pethoragia) illyrica* e *Cardamine glauca*;
- dalla Grecia-Albania raggiunsero la penisola salentina varie entità paleoegeiche quali: *Muscari maritimum (Muscari gussonei)*, *Agropyron panormitanum (Elymus panormitanus)*, *Thelygonium cynocrambe* e *Bupleurum fruticosum*.

Tenendo conto del ponte terrestre attraversato per raggiungere lo stivale, sia i taxa animali sia vegetali possono essere distinti in:

- entità transadriatiche o illirico-appenniniche se erano originarie della ex Jugoslavia ed attraversarono il ponte dalmatico-garganico;
- entità paleoegeiche se attraversarono il ponte salentino-albanese provenendo dalla Grecia-Albania.

Secondo Francini Corti (1966) possono essere considerati paleoegeici i seguenti taxa vegetali: *Periploca graeca*, *Sarcopoterium spinosum*, *Quercus trojana*, *Salvia triloba*, *Serapias politisii*, *Phlomis fruticosa*, *Satureja cuneifolia*, *Campanula versicolor*, *Ephedra campylo-dopa*, *Bonannia graeca* e *Vicia microphylla*.

Secondo Ferrarini (1966-67) nell'era cenozoica un flusso migratorio di origine orientale giunse sulle Alpi Apuane seguendo un lungo corridoio di terre emerse che dall'Asia minore raggiungeva la Grecia e l'Appennino centrale. A suo avviso l'attuale areale di *Carex macrolepis* segue l'andamento di quelle terre e documenta la strada seguita durante la sua espansione dal centro d'origine.

I seguenti taxa vegetali hanno una distribuzione che documenta l'esistenza di una corrente migratoria che univa le catene montuose dell'Asia minore con la Grecia, il resto della penisola balcanica, le Alpi orientali e l'Appennino: *Peucedanum schottii*, *Asplenium fissum*, *Cardamine chelidonia*, *Scabiosa holosericea* ed altre entità affini.

Secondo Ferrarini (1970), le seguenti specie endemiche delle Alpi Apuane si differenziarono da un contingente floristico orientale: *Athamanta cortiana*, *Silene lanuginosa* e *Rhamnus glaucophyllus*. Altrettanto è av-

venuto nel Salento e nell'Appennino centro-meridionale, in Sicilia ed in altre località ove specie vegetali di origine orientale, a causa del lungo isolamento geografico, si sono differenziate in taxa di natura endemica.

Anche in Abruzzo esistono vari ceppi endemici differenziatisi da piante di origine orientale emigrate attraverso il ponte greco-appenninico oligo-miocenico (Tammaro, 1982). Alcuni di essi sono *Thlaspi stylosum*, *Sesleria apennina* e *Aquilegia magellensis*. Altre entità orientali si suppone raggiunsero l'Appennino centrale e l'Abruzzo durante il Messiniano (Ferrarrini, 1966-67).

L'Appennino abruzzese, tra l'altro, è ritenuto il baluardo più occidentale di antiche terre collegate alla penisola balcanica. Nell'ambito di tutta la regione, il contingente floristico appennino-balcanico è presente con il maggior numero di taxon in quanto:

- nel territorio abruzzese esistono condizioni ambientali molto variabili che hanno favorito la conservazione e l'attecchimento di specie con esigenze ecologiche molto diverse tra loro. A tal proposito basti considerare che solo per effetto dell'altitudine si ha una variabilità che inizia dal livello del mare e termina a circa 3000 metri con la vetta del Gran Sasso.
- il territorio di tale regione è molto vicino alla soglia dalmato-garganica.

In Puglia, invece, nonostante abbia rappresentato la porta d'ingresso di molte entità balcanico-orientali, gran parte di esse si sono estinte, poiché le trasformazioni ambientali e climatiche sino alle condizioni attuali non hanno consentito la loro sopravvivenza. La regione pugliese è comunque caratterizzata anche dal fatto che nel suo ambito varie piante orientali raggiungono il limite occidentale di distribuzione geografica, tra cui 19 esclusive.

I collegamenti territoriali tra la Puglia e la penisola balcanica hanno consentito l'emigrazione verso occidente anche di varie orchidacee dei generi *Ophrys* e *Serapias* di cui per entrambi è nota l'origine nel Mediterraneo orientale. Il genere *Ophrys*, in particolare nel Gargano ed in parte anche nel Salento grazie alla sua alta variabilità genetica, si è differenziato in nuove entità di natura endemica che contribuiscono a rendere tali ambiti geografici un'incredibile miniera che attrae studiosi di tutta Europa alla ricerca di qualche novità.

Una parte delle entità balcanico-orientali giunte in Puglia, come detto anziché risalire lungo l'Appennino centro-settentrionale, si diresse verso l'Appennino meridionale contribuendo a far assumere alle formazioni vegetali locali caratteristiche molto simili a quelle delle montagne site nella penisola dell'opposta sponda. Infatti, secondo Passalacqua (2000) c'è un'elevata comunanza tra la flora dell'Appennino meridionale con la flora della penisola balcanica, a dimostrazione di uno o più

momenti del passato caratterizzati da scambi floristici e da un eventuale fondo comune sopravvissuto in areali disgiunti.

CONCLUSIONI

L'ipotesi di scambi floristici attraverso tutte le vie di emigrazione sinora riportate non esaurisce e non spiega tutti i fenomeni di disgiunzione degli areali e di vicarianza geografica. Infatti, come spiegare la presenza di entità vegetali appennino-balcaniche in Sicilia e Sardegna ed addirittura esclusive di tali isole, se non ammettendo l'esistenza di altre antiche vie di collegamento di cui non restano più tracce? È possibile ipotizzare altri meccanismi di diffusione delle specie vegetali in esame di tipo diverso?

In tal senso fra tutte quelle possibili l'unica apparentemente più verosimile è la disseminazione da parte degli uccelli migratori. In effetti, vari uccelli durante le loro migrazioni stagionali percorrono rotte che comprendono entrambe le penisole circumadriatiche. Di conseguenza esiste una buona probabilità che rappresentino i mezzi di trasporto di semi che rilasciano sia da una parte che dall'altra delle due sponde dell'Adriatico. Purtroppo non è possibile alla luce delle conoscenze attuali stabilire se effettivamente ciò è avvenuto e per quali specie.

Altri mezzi di trasporto passivo quali il vento e le correnti marine sembrano poco verosimili. La distanza tra le due coste, che nel tratto più vicino è superiore a 80 chilometri, rende più difficoltoso il trasporto per mezzo del vento. Inoltre, se il vento insieme alle correnti marine avesse esercitato un'azione efficace, le affinità floristiche tra le due penisole sarebbero ancora maggiori.

Molto probabilmente alla diffusione delle entità vegetali appennino-balcaniche ha contribuito anche l'uomo con un'azione di trasporto di semi che nella sua articolazione è difficilmente dimostrabile.

Il problema della diffusione delle entità appennino-balcaniche può considerarsi esaurito? Ovviamente no, poiché le ipotesi sinora elaborate o che in seguito verranno ancora elaborate non saranno mai completamente verificabili e saranno sempre basate su concomitanze ed accostamenti di non univoca interpretazione. Rimane il loro fascino ed il mistero della scoperta che porterà per fortuna ad investire nuove energie, nella speranza di scoprire verità ancora nascoste.

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia la Dott.ssa Ludmilla Erofeeva, la prof.ssa Laura Agrimino, i prof. Paolo Raiser e Vignini Bruno per l'aiuto prestato nella costruzione di tabelle.

VZHODNI APENINSKO-BALKANSKI, ILIRSKI, PONTSKI IN JUŽNO-VZHODNO EVROPSKI
ELEMENTI ITALIJANSKE FLORE: IZVOR IN REGIJSKA DISTRIBUCIJA

Amelio PEZZETTA

I 34149 Trieste, Via Monteperalba 34, Italia

E-mail: fonterossi@libero.it

POVZETEK

Članek preučuje distribucijo različnih elementov: apeninsko-balkanskih, pontskih, ilirskih, južno-vzhodno evropskih, alpsko-dinarskih, alpsko-karpatških in italijanskih endemitov, ki nadomeščajo vzhodno-balkanske endemite v italijanskih regijah. Avtor predstavlja možne poti, ki so jih te vrste prepotovale iz izvirne točke v obdobju kolonizacije italijanskega polotoka.

Ključne besede: fitogeografija, izvori, apeninsko-balkanski, pontski, ilirski, floristične migracije, distribucijski areali

BIBLIOGRAFIA

- Audisio, P. & A. De Biase (1993):** Gli elementi faunistici balcanici e ponto-pannonici nel popolamento delle Alpi Occidentali: casistica, congruenze, possibili interpretazioni biogeografiche. *Biogeographia*, Lav. Soc. It. Biogeogr., N.S., 16, 181–210.
- Beck, G. von Mannagetta und Lärchenau (1906):** Über die Bedeutung der Karstflora in der Entwicklung der Flora der Ostalpen. Internationaler botanischer Kongress, Wien, 1905.
- Bedulli, D. (1993):** Appunti di biogeografia. Editrice Studium Parmense, Parma.
- Bosellini, A. (2005):** La storia geologica d'Italia: gli ultimi 200 milioni di anni. Zanichelli Ed., Bologna, 183 p.
- Conti, F., G. Abbate, A. Alessandrini & C. Blasi (2005):** An annotated check-list of the Italian vascular flora. Palombi Ed., Roma.
- de Giuli, C., F. Masini & G. Valleri (1987):** Paleogeographic evolution of the Adriatic area since Oligocene to Pleistocene. *Riv. Ital. Paleontol. Stratigrafia*, 93(1), 109–126.
- Favretto, D., E. Junc & L. Poldini (1992):** Gradienti floristici di alcuni corotipi della flora italica. Atti del convegno di studi sulla flora dell'Appennino settentrionale ed Alpi Apuane, La Spezia. Parte seconda, pp. 328–354.
- Ferrarini, E. (1966–67):** Appunti sulla vegetazione d'altitudine delle Alpi Apuane. *Webbia*, 21, 521–600; 22, 295–404.
- Ferrarini, E. (1970):** Considerazioni sull'origine della flora e sull'oscillazione dei piani di vegetazione delle Alpi Apuane. *Biogeographia*, I, 68–87.
- Francini Corti, E. (1966):** Aspetti della vegetazione pugliese e contingente paleogeico meridionale della Puglia. *Ann. Accad. Ital. Sci. Forestali*, 15, 137–194.
- Gentili, J. (1986):** Soglie biogeografiche: saggio di terminologia e concetti. *Biogeographia*, XII, 1–8.
- Greuter, W., H. M. Burdet & G. Long (1984–89):** *Med-Checklist* 1, 3, 4. Genève & Berlin.
- Gridelli, E. (1950):** Il problema delle specie a diffusione transadriatica con particolare riguardo ai coleotteri. *Mem. Biogeogr. Adriat.*, 1, 7–299.
- Horvat, L. (1962):** Vegetacija planina zapadne Hrvatske. *Acta Biologica II, Prirodoslovna istraživanja* 30, JAZU, Zagreb, pp. 1–110.
- Jalas, J. & J. Suominen (eds.) (1972–1994):** *Atlas Florae Europaeae: Distribution of vascular plants in Europe*, Vol. 1–10. The Committee for Mapping the Flora of Europe and Societas Biologica Fennica Vanamo, Helsinki.
- Kaligarič, M., M. Culiberg & B. Kramberger (2006):** Recent vegetation history of the North Adriatic grasslands: expansion and decay of an anthropogenic habitat. *Folia Geobot.*, 41(3), 241–258.
- Osella, G., A. M. Zuppa & F. Sabatini (2005):** Pianura padana e Prealpi: correlazioni faunistiche e zoogeografiche. L'esempio dei coleotteri curculionidei. *Biogeographia*, XXVI, 383–413.
- Pasa, A. (1953):** Appunti geologici per la paleogeografia delle Puglie. *Mem. Biogeogr. Adriat.*, 2, 175–286.
- Passalacqua, N. (2000):** Aspetti geografici ed ecologici nella diversità floristica di aree di quota nell'Appennino meridionale. *Ann. Mus. Civ. Rovereto*, 14 (Suppl.), 191–215.
- Pignatti, S. (1959):** Fitogeografia. In: Cappelletti, C. (ed.): *Trattato di botanica*. Vol. II. UTET, Torino, pp. 681–811.

- Pignatti, S. (1982):** Flora d'Italia, vol. 1–3. Edagricole, Bologna.
- Pignatti, S. (1997):** Ecologia del paesaggio. Edizioni UTET, Torino.
- Poldini, L. (1971):** Notizie sulla flora del Triestino. Inf. Bot. Italiano, 3(3), 169–172.
- Poldini, L. (1991):** Atlante corologico delle piante vascolari nel Friuli-Venezia Giulia. Inventario floristico regionale, Udine.
- Stevanović, V. (1996):** Analysis of the Central European and Mediterranean orophytic element on the mountains of the W and Central Balkan Peninsula, with special reference to endemics. Bocconea, 5(1), 77–97.
- Tammaro, F. (1982):** Documenti per la conoscenza naturalistica della Maiella. A cura del Centro di Servizi Culturali, Chieti.
- Tomaselli, R. (1961):** Accenni alle successioni floristiche ed al dinamismo della vegetazione sicula. Archivio Botanico e Biogeografico italiano, 37, 209–225.
- Trotter, A. (1912):** Gli elementi balcanico-orientali della flora italiana e l'ipotesi dell'Adriatide. Atti Ist. Sci. nat. Napoli.
- Trinajstić, I. (1987):** Contributo all'analisi fitogeografica dell'area sud-est alpino-dinarica. Biogeographia, XIII, 99–111.
- Trinajstić, I. (1992):** A contribution to the phytogeographical classification of the illyrian floral element. Acta Bot. Croat., 51, 135–142.
- Turrill, W. B. (1929):** The plant-life of the Balkan Peninsula. A phytogeographical study. Clarendon Press, Oxford, 490 p.
- Tutin, T. G., V. H. Heywood, N. A. Burges, D. H. Valentine, S. M. Walters & D. A. Webb (1964–1980):** Flora Europaea, vols. 1–5. The University Press, Cambridge, Massachusetts, USA
- Uzunov, D., F. Conti, D. Lakusic & C. Gangale (2005):** Dati preliminari sulla fitogeografia, ecologia e conservazione delle specie appennino-balcaniche. Inf. Bot. Italiano, 37(1a), 386–387.
- Zenari, S. (1950):** Elementi di fitogeografia. Editoria liviana, Padova, 259 p.

Appendice: ELENCO FLORISTICO

PTERIDOPHYTA

ASPLENIACEAE

- 1) *Asplenium fissum* Kit ex Willd. Orof. SE Europeo
- 2) *Ceterach officinarum* Willd. ssp. *bivalens* D. E. Mey SE Europeo

GYMNOSPERMAE

PINACEAE

- 3) *Pinus nigra* J. F. Arnold ssp. *nigra* Illirico
- 4) *Pinus brutia* Ten. Appennino-Balcanico
- 5) *Pinus leucodermis* Antoine Appennino-Balcanico

EPHEDRACEAE

- 6) *Ephedra foemina* Forssak. Appennino-Balcanico

ANGIOSPERMAE

DICOTILEDONAE

SALICACEAE

- 7) *Salix alpina* Scop. Orof. Est Alpino-Carpatico
- 8) *Salix glabra* Scop. Orof. Est Alpino-Dinarico
- 9) *Salix rosmarinifolia* L. SE Europeo
- 10) *Salix amplexicaulis* Bory Appennino-Balcanico
- 11) *Salix waldsteiniana* Willd. Est Alpino-Carpatico

CORYLACEAE

- 12) *Carpinus orientalis* ssp. *orientalis* Miller Pontico
- 13) *Ostrya carpinifolia* Scop. Pontico

FAGACEAE

- 14) *Castanea sativa* Miller SE Europeo
- 15) *Quercus crenata* Lam. SE Europeo
- 16) *Quercus robur* ssp. *brutia* (Ten.) O. Schwarz Appennino-Balcanico
- 17) *Quercus frainetto* Ten. Pontico
- 18) *Quercus dalechampii* Ten. SE Europeo
- 19) *Quercus pubescens* Willd. ssp. *pubescens* Pontico
- 20) *Quercus trojana* Webb ssp. *trojana* Appennino-Balcanico
- 21) *Quercus ithaburensis* Decne ssp. *macrolepis* (Kotschy) Hedge & Yalt. Appennino-Balcanico

ULMACEAE

- 22) *Ulmus minor* Miller ssp. *canescens* (Melville) Browicz & Ziel Appennino-Balcanico

BETULACEAE

- 23) *Alnus cordata* (Loisel.) Loisel. Appennino-Balcanico

URTICACEAE

- 24) *Parietaria cretica* L. Appennino-Balcanico

SANTALACEAE

- 25) *Thesium parnassi* A. DC. Appennino-Balcanico
- 26) *Thesium bavarum* Schrank Pontico
- 27) *Thesium linophyllon* L. SE Europeo

ARISTOLOCHACEAE

- 28) *Aristolochia sempervirens* L. Appennino-Balcanico
- 29) *Aristolochia pallida* Willd. SE Europeo
- 30) *Aristolochia lutea* Desf. Appennino-Balcanico

POLYGONACEAE

- 31) *Rumex nivalis* Hegetschw. Est Alpino-Dinarico
- 32) *Rumex nebroides* Campd. Appennino-Balcanico
- 33) *Rumex cristatus* DC. ssp. *kernerii* (Borbás) Akeroyd & D. A. Webb SE Europeo

CHENOPODIACEAE

- 34) *Beta trygina* Waldst. & Kit. Pontico
- 35) *Corispermum marschallii* Steven Pontico
- 36) *Atriplex oblongifolia* Waldst. & Kit. Pontico

CARYOPHYLLACEAE

- 37) *Moehringia ciliata* (Scop.) D. Torre Illirico
- 38) *Minuartia viscosa* (Schreb.) Schinz & Thell. SE Europeo
- 39) *Minuartia graminifolia* (Ard.) Jav. ssp. *clandestina* (Portt.) Mattf. Appennino-Balcanico
- 40) *Minuartia recurva* (All.) Schinz & Tell. ssp. *condensata* (C. Presl) Greuter & Burdet Appennino-Balcanico
- 41) *Minuartia verna* (L.) Hiern ssp. *attica* (Boiss. & Spruner) Graebn. Appennino-Balcanico
- 42) *Cerastium carinthiacum* Vest. ssp. *carinthiacum* Alpino-Carpatico
- 43) *Cerastium latifolium* L. Alpino-Carpatico
- 44) *Cerastium brachypetalum* Desp. ex Pers. ssp. *tenoreanum* (Ser.) Soò & Jav. SE Europeo
- 45) *Cerastium granulatum* (Huter) Porta & Rigo Appennino-Balcanico
- 46) *Moenchia mantica* Bartl. ssp. *mantica* SE Europeo
- 47) *Paronychia kapela* (Hacq.) A. Kern. ssp. *kapela* Appennino-Balcanico
- 48) *Scleranthus perennis* ssp. *marginatus* (Guss.) Nyman Appennino-Balcanico
- 49) *Scleranthus perennis* ssp. *dichotomus* (Schur) Nyman Appennino-Balcanico
- 50) *Silene italica* (L.) Pers. ssp. *sicula* (Ucria) Jeanm. Appennino-Balcanico
- 51) *Silene paradoxa* L. Appennino-Balcanico
- 52) *Silene fruticosa* L. Appennino-Balcanico
- 53) *Silene flavescent* Wald. & Kit. ssp. *flavescent* SE Europeo
- 54) *Silene catholica* (L.) W. T. Aiton Appennino-Balcanico
- 55) *Silene roemerii* Friv. ssp. *staminea* (Bertol.) Nyman Appennino-Balcanico
- 56) *Silene vulgaris* Garcke ssp. *glareosa* (Jord., Marsden-Jones & Turrill) Orof. SE Europeo
- 57) *Silene vulgaris* Garcke ssp. *commutata* (Guss.) Hayek Orof. SE Europeo
- 58) *Silene hayekiana* Hand.-Mazz. & Janch. Illirico
- 59) *Silene multicaulis* ssp. *multicaulis* Appennino-Balcanico
- 60) *Silene alpestris* Jacq. Est Alpino-Dinarico
- 61) *Silene dichotoma* Ehrh. Pontico

- 62) *Silene ciliata* Pourr. ssp. *graefferi* (Guss.) Nyman Appennino-Balcanico
 63) *Silene gallinyi* Rchb. Appennino-Balcanico
 64) *Silene graeca* Boiss. & Spruner Appennino-Balcanico
 65) *Drypis spinosa* L. ssp. *jacquiniana* Wetts. & Murb. Illirico
 66) *Drypis spinosa* L. ssp. *spinosa* Appennino-Balcanico
 67) *Gypsophila repens* L. Orof. SE Europeo
 68) *Gypsophila arrostii* Guss. ssp. *arrostii* Appennino-Balcanico
 69) *Stellaria cupaniana* (Jord. & Fourr.) Bég. Appennino-Balcanico
 70) *Saponaria calabrica* Guss. Appennino-Balcanico
 71) *Saponaria sicula* Raf. Appennino-Balcanico
 72) *Pethroragia illyrica* (Ard.) P. W. Ball & Heywood ssp. *haynaldiana* (F. N. Williams) P. W. Ball & Heywood Appennino-Balcanico
 73) *Pethroragia saxifraga* (L.) Link ssp. *gasparrinii* (Guss.) Greuter & Burdet Appennino-Balcanico
 74) *Dianthus balbisii* Ser. ssp. *liburnicus* (Bartl.) Pignatti Appennino-Balcanico
 75) *Dianthus sylvestris* Wulfen ssp. *tergestinus* (Rchb.) Hayek Illirico
 76) *Dianthus glacialis* Haenke ssp. *glacialis* Orof. Est Alpino-Carpatico
 77) *Dianthus ciliatus* Guss. ssp. *ciliatus* Appennino-Balcanico
 RANUNCULACEAE
 78) *Helleborus bocconei* Ten. ssp. *istriacus* (Schiffn.) Soldano & F. Conti Illirico
 79) *Helleborus bocconei* Ten. ssp. *multifidus* (Vis.) Soldano & F. Conti Appennino-Balcanico
 80) *Delphinium peregrinum* L. SE Europeo
 81) *Consolida regalis* Gray ssp. *paniculata* (Host) Soò SE Europeo
 82) *Anemone apennina* L. ssp. *apennina* SE Europeo
 83) *Anemone hortensis* L. ssp. *hortensis* SE Europeo
 84) *Anemone pavonina* Lam. SE Europeo
 85) *Pulsatilla montana* (Hoppe) Rchb. ssp. *montana* Pontico
 86) *Pulsatilla halleri* (All.) Willd. ssp. *halleri* Orof. SE Europeo
 87) *Adonis flammea* Jacq. ssp. *cortiana* (Jacq.) C. H. Stein. Pontico
 88) *Ranunculus serbicus* Vis. Appennino-Balcanico
 89) *Ranunculus neapolitanus* Ten. SE Europeo
 90) *Ranunculus brutius* Ten. Appennino-Balcanico
 91) *Ranunculus illyricus* L. Pontico
 92) *Ranunculus garganicus* Ten. SE Europeo
 93) *Ranunculus ficaria* L. ssp. *calthifolius* (Rchb.) Arcang. SE Europeo
 94) *Ranunculus velutinus* Ten. SE Europeo
 95) *Ranunculus brevifolius* Ten. Appennino-Balcanico
 96) *Ranunculus hybridus* Biria Orof. SE Europeo
 97) *Ranunculus magellensis* Ten. Appennino-Balcanico
 98) *Ranunculus fontanus* C. Presl Appennino-Balcanico
 99) *Ranunculus isthmicus* Boiss. Appennino-Balcanico
 100) *Ranunculus sartorianus* Boiss. & Heldr. Appennino-Balcanico
 101) *Aquilegia nigricans* Baumg. SE Europeo
 102) *Thalictrum lucidum* L. SE Europeo
 BERBERIDACEAE
 103) *Epimedium alpinum* L. SE Europeo
 104) *Berberis vulgaris* L. ssp. *aetnensis* (C. Presl.) Rouy & Foucaud Appennino-Balcanico
 PAEONIACEAE
 105) *Paeonia peregrina* SE Europeo
 106) *Paeonia officinalis* L. ssp. *banatica* (Rochel) Soò SE Europeo
 GUTTIFERAE
 107) *Hypericum annulatum* Moris Appennino-Balcanico
 108) *Hypericum spruneri* Boiss. Appennino-Balcanico
 PAPAVERACEAE
 109) *Papaver degenii* (Urum & Jav.) Kuzm. Appennino-Balcanico
 110) *Papaver alpinum* L. ssp. *kernerii* (Hayek) Fedde Est Alpino-Dinarico
 111) *Papaver apulum* Ten. SE Europeo
 112) *Pseudofumaria alaba* (Mill.) Lidén ssp. *alaba* Appennino-Balcanico
 113) *Fumaria flabellata* Gasp. Appennino-Balcanico
 114) *Fumaria kralikii* Jord. Pontico
 115) *Fumaria petteri* Rchb. Appennino-Balcanico
 CRUCIFERAE
 116) *Isatis praecox* Tratt. SE Europeo
 117) *Erysimum crassistylum* C. Presl. Appennino-Balcanico
 118) *Erysimum sylvestre* (Crantz) Scop. ssp. *sylvestre* Est Alpino-Dinarico
 119) *Malcomia maritima* (L.) B. Br. SE Europeo
 120) *Malcomia orsiniana* (Ten.) Ten. ssp. *orsiniana* Appennino-Balcanico
 121) *Hesperis matronalis* L. ssp. *matronalis* Pontico
 122) *Barbarea sicula* C. Presl Appennino-Balcanico
 123) *Rorippa austriaca* (Crantz) Besser Pontico
 124) *Rorippa lippizensis* (Wulfen) Rchb. SE Europeo
 125) *Cardamine kitaibelii* Bech. Orof. SE Europeo
 126) *Cardamine bulbifera* (L.) Crantz Pontico
 127) *Cardamine enneaphyllos* (L.) Crantz Appennino-Balcanico
 128) *Cardamine trifolia* L. Alpino-Dinarico
 129) *Cardamine plumieri* Vill. Orof. SE Europeo
 130) *Cardamine glauca* Spreng. ex DC. ssp. *glauca* Appennino-Balcanico

- 131) *Cardamine resedifolia* L. SE Europeo
 132) *Cardamine graeca* L. Appennino-Balcanico
 133) *Cardamine chelidonia* L. Appennino-Balcanico
 134) *Arabis sagittata* (Bertol.) DC. SE Europeo
 135) *Arabis surculosa* N. Terracc. Appennino-Balcanico
 136) *Arabis vochinensis* Sprengel Est Alpino-Dinarico
 137) *Lepidium hirtum* (L.) Sm. ssp. *nebrodense* (Raf.) Thell. SE Europeo
 138) *Lunaria annua* L. SE Europeo
 139) *Aubrieta deltoidea* (L.) DC Appennino-Balcanico
 140) *Alyssoides utriculata* (L.) Medik. SE Europeo
 141) *Aurinia sinuata* (L.) Griseb. Appennino-Balcanico
 142) *Aurinia leucadea* (Guss.) Koch. Appennino-Balcanico
 143) *Aurinia saxatilis* (L.) Desv. ssp. *megalocarpa* (Hauskn.) T. R. Dudley Appennino-Balcanico
 144) *Alyssum ovirens* A. Kern. Illirico
 145) *Alyssum montanum* L. ssp. *montanum* Pontico
 146) *Alyssum siculum* Jord. Appennino-Balcanico
 147) *Berteroa mutabilis* (Vent.) DC. Appennino-Balcanico
 148) *Berteroa obliqua* (Sm.) DC. ssp. *obliqua* Appennino-Balcanico
 149) *Capsella grandiflora* (Fauchè & Chaub.) Boiss. SE Europeo
 150) *Thlaspi rivale* C. Presl Appennino-Balcanico
 151) *Thlaspi praecox* Wulfen Orof. SE Europeo
 152) *Thlaspi montanum* L. Orof. SE Europeo
 153) *Thlaspi alpestre* Jacq. Orof. SE Europeo
 154) *Iberis semperflorens* L. SE Europeo
 155) *Brassica incana* Ten. Appennino-Balcanico
 156) *Biscutella didyma* L. ssp. *didyma* Appennino-Balcanico
 157) *Biscutella didyma* L. ssp. *apula* Nyman Appennino-Balcanico
 158) *Lunaria annua* L. SE Europeo
 159) *Conringia austriaca* (Jacq.) Sweet Pontico
 160) *Draba olympicoides* Strobl. Appennino-Balcanico
 161) *Rapistrum perenne* (L.) Arcang. Pontico
 162) *Crambe tataria* Sebeòk Pontico

PLATANACEAE

- 163) *Platanus orientalis* L. SE. Europeo

CRASSULACEAE

- 164) *Umbilicus chloranthus* Heldr. & Sart. ex Boiss. Appennino-Balcanico
 165) *Hylotelephium maximum* (L.) Holub Pontico
 166) *Sedum montanum* E. P. Perrier & Songeon ssp. *orientale* t'Art Appennino-Balcanico
 167) *Sedum magellense* Ten. ssp. *olympicum* (Boiss.) Grande Appennino-Balcanico
 168) *Sedum hispanicum* L. Pontico
 169) *Sedum atratum* L. ssp. *carinthiacum* (Hoppe) ex Pacher D. A. Webb SE Europeo

SAXIFRAGACEAE

- 170) *Saxifraga taygetea* Boiss. & Heldr. Appennino-Balcanico
 171) *Saxifraga hederacea* L. Appennino-Balcanico
 172) *Saxifraga adscendens* L. ssp. *parnassica* (Boiss. & Heldr.) Hayek Appennino-Balcanico
 173) *Saxifraga bulbifera* L. Pontico
 174) *Saxifraga carpetana* Boiss. & Reut. ssp. *graeca* (Boiss. & Heldr.) D. A. Webb Appennino-Balcanico
 175) *Saxifraga glabella* Bertol. Appennino-Balcanico
 176) *Saxifraga oppositifolia* L. ssp. *rudolphiana* (Hornsch.) Nyman Est Alpino-Carpatico
 177) *Saxifraga retusa* Gouan ssp. *retusa* SE Europeo
 178) *Saxifraga crustata* Vest. Est Alpino-Dinarico
 179) *Saxifraga marginata* Sternb. Appennino-Balcanico
 180) *Saxifraga mutata* L. Orof. Alpino-Carpatico
 181) *Ribes multiflorum* Kit. ex Roem. & Schult. ssp. *multiflorum* Appennino-Balcanico

ROSACEAE

- 182) *Spiraea cana* Waldst. & Kit. Illirico
 183) *Rubus ulmifolius* Schott ssp. *dalmatinus* Appennino-Balcanico
 184) *Rubus anatolicus* Focke SE Europeo
 185) *Rubus grabowskii* Weihe Appennino-Balcanico
 186) *Rubus gremlii* Focke SE Europeo
 187) *Rubus istriacus* Pospichal Illirico
 188) *Rubus pospichalii* Soldano & F. Conti Illirico
 189) *Rubus rudis* Wehie & Ness Pontico
 190) *Rubus trifolius* Pospichal Illirico
 191) *Rosa heckeliana* Tratt. Appennino-Balcanico
 192) *Rosa micrantha* Borrer ex Sm. Pontico
 193) *Rosa marginata* Wallr. Pontico
 194) *Rosa pulverulenta* M. Bieb. Appennino-Balcanico
 195) *Rosa tomentosa* Sm. Pontico
 196) *Rosa corymbifera* Borch. Pontico
 197) *Rosa gallica* L. Pontico
 198) *Rosa villosa* L. Pontico
 199) *Geum reptans* L. Orof. SE Europeo
 200) *Geum molle* Vis & Pancic Appennino-Balcanico
 201) *Potentilla calabra* Ten. Appennino-Balcanico
 202) *Potentilla collina* Wibel Pontico
 203) *Potentilla detommasii* Ten. Appennino-Balcanico
 204) *Potentilla recta* L. ssp. *recta* Pontico
 205) *Potentilla zimmereri* Borbás Illirico
 206) *Potentilla cinerea* Chaix ex Will. Pontico
 207) *Potentilla incana* P. Gaertn., B. Mey & Scherb. Pontico
 208) *Potentilla tommasiniana* F. W. Schultz Pontico
 209) *Potentilla clusiana* Jacq. Est Alpino-Dinarico
 210) *Potentilla apennina* Ten. ssp. *apennina* Appennino-Balcanico

- 211) *Potentilla alaba* L. Pontico
 212) *Alchemilla velebitica* Borbás ex Janch. Illirico
 213) *Alchemilla exigua* Buser ex Paulin Orof. SE Europeo
 214) *Alchemilla acutata* Buser Orof. SE Europeo
 215) *Alchemilla illyrica* Rothm. Illirico
 216) *Alchemilla tirolensis* Buser ex D. Torre & Sarth. SE Europeo
 217) *Alchemilla sericoneura* Buser Orof. Alpino-Carpatico
 218) *Alchemilla cinerea* Buser Orof. SE Europeo
 219) *Amelanchier ovalis* Medik. ssp. *cretica* (Willd.) Pignatti Appennino-Balcanico
 220) *Cotoneaster tomentosus* (Aiton) Lindl. Pontico
 221) *Mespilus germanica* L. Pontico
 222) *Prunus cocomilla* Ten. Appennino-Balcanico
 223) *Prunus webbii* (Spach) Vierh. Appennino-Balcanico
 224) *Prunus fruticosa* Pall. Pontico
 225) *Prunus avium* L. ssp. *avium* Pontico
 226) *Prunus cerasus* L. Pontico
 227) *Prunus mahaleb* L. Pontico
 228) *Sorbus aria* L. (Crantz) ssp. *cretica* (Lindl.) Holmboe Pontico
 229) *Malus florentina* (Zuccagni) C. K. Schneid. Appennino-Balcanico
- LEGUMINOSAE
- 230) *Cytisus nigricans* L. ssp. *nigricans* Pontico
 231) *Cytisus nigricans* L. ssp. *atratus* (Schur) Nyman SE Europeo
 232) *Cytisus pseudoprocumbens* Markgr. Illirico
 233) *Cytisus spinescens* C. Presl Appennino-Balcanico
 234) *Cytisus purpureus* Scop. Illirico
 235) *Cytisus purpureus* Scop. Illirico
 236) *Laburnum anagyroides* Medik. ssp. *alschingeri* (Vis.) Hayek Illirico
 237) *Calicotome infesta* (C. Presl) Guss. Appennino-Balcanico
 238) *Genista januensis* Viv. Appennino-Balcanico
 239) *Genista sericea* Wulfen Illirico
 240) *Genista michelii* Spach Appennino-Balcanico
 241) *Genista sylvestris* Scop. Appennino-Balcanico
 242) *Genista holopetala* (Koch.) Bald. Illirico
 243) *Colutea arborescens* L. Pontico
 244) *Galega officinalis* Pontico
 245) *Astragalus cicer* L. Pontico
 246) *Astragalus hypoglottis* L. ssp. *gremlii* (Burnat) Greuter & Burdet Appennino-Balcanico
 247) *Astragalus depressus* L. ssp. *depressus* Pontico
 248) *Astragalus excapus* L. ssp. *excapus* Pontico
 249) *Astragalus siricinus* Ten. ssp. *siricinus* Appennino-Balcanico
 250) *Astragalus austriacus* Jacq. Pontico
 251) *Astragalus onobrychis* L. Pontico
 252) *Astragalus leontinus* Wulfen SE Europeo
 253) *Astragalus monspessulanus* L. ssp. *wulfenii* (W. D. J. Koch) Arcang. Appennino-Balcanico
 254) *Astragalus muelleri* Steud. & Hochst. Appennino-Balcanico
 255) *Astragalus vesicarius* L. ssp. *carniolicus* (A. Kern.) Chater Pontico
 256) *Glycyrrhiza echinata* L. Pontico
 257) *Cicer arietinum* L. Pontico
 258) *Vicia sparsiflora* Ten. Appennino-Balcanico
 259) *Vicia serinica* Uechtr. & Huter Appennino-Balcanico
 260) *Vicia dalmatica* A. Kern. Appennino-Balcanico
 261) *Vicia oroboides* Wulfen Illirico
 262) *Vicia barbazitae* Ten. & Guss. Appennino-Balcanico
 263) *Vicia sativa* L. ssp. *incisa* (M. Bieb.) Arcang. Pontico
 264) *Vicia leucantha* Biv. Appennino-Balcanico
 265) *Vicia ochroleuca* Ten. ssp. *ochroleuca* Appennino-Balcanico
 266) *Vicia grandiflora* Scop. SE Europeo
 267) *Lathyrus venetus* (Mill.) Wohlf. Pontico
 268) *Lathyrus laevigatus* (Waldst. & Kit.) Gren. ssp. *laevigatus* SE Europeo
 269) *Lathyrus pannonicus* (Jacq.) Garcke ssp. *asphodeloides* (Gouan) Bassler Appennino-Balcanico
 270) *Lathyrus pannonicus* (Jacq.) Garcke ssp. *varius* (Hill) P. W. Ball Appennino-Balcanico
 271) *Lathyrus filiformis* (Lam.) J. Gay SE Europeo
 272) *Lathyrus digitatus* (M. Bieb.) Fiori Pontico
 273) *Lathyrus laxiflorus* (Desf.) Kuntze Pontico
 274) *Lathyrus grandiflorus* Sm. Appennino-Balcanico
 275) *Lupinus graecus* Boiss & Spruner Appennino-Balcanico
 276) *Cercis siliquastrum* L. ssp. *siliquastrum* Pontico
 277) *Ononis spinosa* L. ssp. *austriaca* (Beck) Gams Appennino-Balcanico
 278) *Ononis sieberi* DC. Appennino-Balcanico
 279) *Medicago prostrata* Jacq. ssp. *prostrata* Appennino-Balcanico
 280) *Medicago carstiensis* Wulfen Illirico
 281) *Trifolium montanum* L. ssp. *montanum* Pontico
 282) *Trifolium mutabile* Porten. Appennino-Balcanico
 283) *Trifolium grandiflorum* Schreb. Appennino-Balcanico
 284) *Trifolium sebastiani* Savi Appennino-Balcanico
 285) *Trifolium tenuifolium* Ten. Appennino-Balcanico
 286) *Trifolium pratense* L. ssp. *nivale* (Koch) Ces. SE Europeo
 287) *Trifolium noricum* Wulfen ssp. *noricum* Orof. SE Europeo
 288) *Trifolium noricum* Wulfen ssp. *praetutianum* (Savi) Arcang. Appennino-Balcanico
 289) *Trifolium congestum* Guss. Appennino-Balcanico

- 290) *Trifolium patulum* Tausch Appennino-Balcanico
 291) *Trifolium patulum* Tausch Appennino-Balcanico
 292) *Trifolium ochroleucum* Huds. Pontico
 293) *Trifolium pannonicum* Jacq. ssp. *pannonicum* Pontico
 294) *Trifolium latinum* Sebast. Appennino-Balcanico
 295) *Trifolium subterraneum* L. ssp. *yanninicum* Katzn. & F. Morley Appennino-Balcanico
 296) *Trifolium setiferum* Boiss. Appennino-Balcanico
 297) *Dorycnium germanicum* (Gremli) Rikli SE Europeo
 298) *Dorycnium herbaceum* Vill. Pontico
 299) *Tetragonolobus maritimus* (L.) Roth Pontico
 300) *Anthyllis montana* L. ssp. *atropurpurea* (Vuck.) Pignatti Appennino-Balcanico
 301) *Tetragonolobus biflorus* (Desr.) Ser. Appennino-Balcanico
 302) *Lotus peregrinus* L. Appennino-Balcanico
 303) *Anthyllis hermanniae* L. ssp. *hermanniae* Appennino-Balcanico
 304) *Anthyllis montana* L. ssp. *jacquinii* (A. Kern) Hayek Appennino-Balcanico
 305) *Anthyllis vulneraria* L. ssp. *polyphylla* (DC.) Nyman Pontico
 306) *Anthyllis vulneraria* L. ssp. *pulchella* (Vis.) Bornm. SE Europeo
 307) *Anthyllis vulneraria* L. ssp. *weldeniana* (Rchb.) Cullen Appennino-Balcanico
 308) *Anthyllis adriatica* Beck Illirico
 309) *Emerus majus* Mill. ssp. *emeroides* (Boiss. & Spruner) Soldano & F. Conti Pontico
 310) *Coronilla vaginalis* Lam. SE Europeo
 311) *Coronilla coronata* L. Pontico
 312) *Securigera cretica* (L.) Lassen Pontico
 313) *Hedysarum hedysaroides* (L.) Schinz & Thell ssp. *exaltatum* (A. Kern) Zertovà SE Europeo
 314) *Onobrychis alaba* (Waldst. & Kit.) ssp. *alaba* Appennino-Balcanico
 315) *Onobrychis alaba* (Waldst. & Kit.) Desv. ssp. *pentelica* (Haussskn.) Nyman Appennino-Balcanico
 316) *Onobrychis alaba* (Waldst. & Kit.) Desv. ssp. *echinata* (G. Don) P. W. Ball Appennino-Balcanico
 317) *Onobrychis arenaria* (Kit.) DC. ssp. *tommasinii* (Jord.) Asch. & Graebn. SE Europeo
- GERANIACEAE
 318) *Geranium macrorrhizum* L. Orof. SE Europeo
 319) *Geranium versicolor* L. Appennino-Balcanico
 320) *Geranium reflexum* L. Appennino-Balcanico
 321) *Geranium tuberosum* L. ssp. *tuberosum* Pontico
 322) *Geranium asphodeloides* Burm. ssp. *asphodeloides* Appennino-Balcanico
 323) *Geranium divaricatum* Ehrh. Pontico
 324) *Erodium ciconium* (L.) L'Hér Pontico
- ZYGOPHYLLACEAE
 325) *Zygophyllum fabago* L. Pontico
- LINACEAE
 326) *Linum capitatum* Kit. ex Schult. ssp. *serrulatum* (Bertol.) Hartvig Appennino-Balcanico
 327) *Linum flavum* L. Pontico
 328) *Linum austriacum* L. ssp. *tommasinii* (Rchb.) Greuter & Burdet Appennino-Balcanico
 329) *Linum punctatum* C. Presl. Appennino-Balcanico
 330) *Linum hirsutum* L. Pontico
 331) *Linum tenuifolium* L. Pontico
 332) *Linum pubescens* Appennino-Balcanico
 333) *Linum catharticum* L. ssp. *suecicum* (Murb. ex Hayek) Hayek
- EUPHORBIACEAE
 334) *Mercurialis ovata* Sternb. & Hoppe Pontico
 335) *Euphorbia fragifera* Jan Illirico
 336) *Euphorbia epithymoides* L. Pontico
 337) *Euphorbia angulata* Jacq. Pontico
 338) *Euphorbia carniolica* Jacq. SE Europeo
 339) *Euphorbia flavicoma* DC. ssp. *flavicoma* Pontico
 340) *Euphorbia phymatosperma* Boiss. ssp. *cernua* (Coiss & Durieu ex Boiss.) Vindt Appennino-Balcanico
 341) *Euphorbia myrsinites* L. ssp. *myrsinites* Pontico
 342) *Euphorbia rigida* M. Bieb. Pontico
 343) *Euphorbia esula* L. ssp. *tommasiniana* (Bertol.) Kuzmanov Appennino-Balcanico
 344) *Euphorbia wulfenii* Willd. Appennino-Balcanico
 345) *Euphorbia barrellieri* Savi ssp. *thessala* (Formanek) Born. Appennino-Balcanico
- RUTACEAE
 346) *Haplophyllum patavinum* L. G. Don Illirico
- POLYGALACEAE
 347) *Polygala major* Jacq. Pontico
 348) *Polygala nicaensis* W. D. J. Koch ssp. *carniolica* (A. Kern.) P. Graebn. SE Europeo
 349) *Poligala flavescens* DC. Appennino-Balcanico
- CORIARIACEAE
 350) *Cotinus coggygria* Scop. Pontico
- ACERACEAE
 351) *Acer opalus* Mill. ssp. *obtusatum* (Waldst. & Kit. ex Wild.) Gams Appennino-Balcanico
 352) *Acer cappadocicum* Gled. ssp. *lobelii* (Ten.) Murray Appennino-Balcanico
- CELASTRACEAE
 353) *Euonymus verrucosus* Scop. Pontico
 354) *Staphylea pinnata* L. Pontico
- RHAMNACEAE
 355) *Paliurus spina christi* Mill. Pontico
 356) *Rhamnus saxatilis* Jacq. ssp. *saxatilis* SE Europeo
 357) *Rhamnus cathartica* L. Pontico
 358) *Rhamnus alpina* L. ssp. *fallax* (Boiss.) Maire & Petitm. Appennino-Balcanico
 359) *Rhamnus intermedia* Steud. & Hochst. Illirico

- 360) *Frangula rupestris* (Scop.) Schur Appennino-Balcanico

TILIACEAE

- 361) *Tilia platyphyllos* Scop. ssp. *pseudorubra* C. K. Schneid SE Europeo

MALVACEAE

- 362) *Althaea cannabina* L. Pontico
 363) *Lavatera thuringiaca* L. ssp. *thuringiaca* Pontico
 364) *Lavatera thuringiaca* L. ssp. *ambigua* (DC.) Nyman Appennino-Balcanico
 365) *Lavatera bryoniifolia* Mill. Appennino-Balcanico
 366) *Alcea setosa* (Boiss.) Alef. Appennino-Balcanico
 367) *Alcea pallida* (Willd.) Waldst. & Kit. Pontico
 368) *Abutilon theophrasti* Medik. Pontico
 369) *Kosteletzkyia pentacarpos* (L.) Ledeb. Pontico

THYMALEACEAE

- 370) *Daphne blagayana* Freyer SE Europeo
 371) *Daphne sericea* Vahl Appennino-Balcanico

VIOLEACEAE

- 372) *Viola adriatica* Freyn. Illirico
 373) *Viola magellensis* Porta & Rigo ex Strobl Appennino-Balcanico
 374) *Viola calcarata* L. ssp. *calcarata* Orof. SE Europeo
 375) *Viola graeca* (W. Becker) Halacsy Appennino-Balcanico

CISTACEAE

- 376) *Fumana procumbens* (Dunal) Gren. & Godr. Pontico
 377) *Helianthemum oleandicum* (L.) DC. ssp. *alpestre* (Jacq.) Ces. Orof. SE Europeo

TAMARICACEAE

- 378) *Tamarix dalmatica* Baumm Appennino-Balcanico

CUCURBITACEAE

- 379) *Bryonia alaba* L. Pontico

LYTHRACEAE

- 380) *Lythrum virgatum* L. Pontico
 381) *Lythrum thesioides* M. Bieb. Pontico

CORNACEAE

- 382) *Cornus mas* L. Pontico

UMBELLIFERAE

- 383) *Hacquetia epipactis* (Scop.) DC. Est Alpino-Carpatico
 384) *Astrantia major* L. ssp. *elatior* (Frival.) K. Maly Appennino-Balcanico
 385) *Astrantia carniolica* Illirico
 386) *Chaerophyllum aromaticum* L. Pontico
 387) *Anthriscus nitida* (Wahelenb.) Garcke Pontico
 388) *Anthriscus nemorosa* (M. Bieb.) Spreng. Pontico
 389) *Myrrhis odorata* L. (Scop.) Orof. SE Europeo
 390) *Smyrnium perfoliatum* L. ssp. *rotundifolium* Mill. Hartvig Appennino-Balcanico
 391) *Huetia cynapioides* (Guss.) P. W. Ball ssp. *cynapioides* Appennino-Balcanico

- 392) *Pimpinella anisoides* V. Brig. Appennino-Balcanico

- 393) *Seseli libanotis* (L.) W. D. J. Koch Pontico

- 394) *Seseli tommasinii* Rchb. F. Appennino-Balcanico

- 395) *Seseli elatum* L. ssp. *gouani* (W. D. J. Koch) P. W. Ball Illirico

- 396) *Seseli elatum* L. ssp. *austriacum* (Beck) P. W. Ball Est Alpino-Carpatico

- 397) *Seseli annuum* L. ssp. *annuum* Pontico

- 398) *Seseli annuum* L. ssp. *carvifolium* (Vill.) P. Fourn. Pontico

- 399) *Seseli pallasii* Besser Pontico

- 400) *Athamanta ramosissima* Porten. Appennino-Balcanico

- 401) *Athamanta macedonica* (L.) Spreng. ssp. *macedonica* Appennino-Balcanico

- 402) *Athamanta turbith* (L.) Broth. ssp. *turbith* Illirico

- 403) *Grafia golaka* (Jacq.) Rchb. Appennino-Balcanico

- 404) *Physospermum verticillatum* (Waldst. & Kit.) Vis. Appennino-Balcanico

- 405) *Cachrys cristata* DC. Appennino-Balcanico

- 406) *Buplerum gussonei* (Arcang.) S. & B. Sonegrup Appennino-Balcanico

- 407) *Buplerum praealtum* L. SE Europeo

- 408) *Bupleurum gracile* D'Urv. Appennino-Balcanico

- 409) *Trinia dalechampii* (Ten.) Janch. Appennino-Balcanico

- 410) *Trinia glauca* (L.) Dumort. ssp. *glauca* SE Europeo

- 411) *Trinia glauca* (L.) Dumort. ssp. *carniolica* (A. Kern. ex Janch) H. Wolff Appennino-Balcanico

- 412) *Carum flexuosum* (Ten.) Nyman Appennino-Balcanico

- 413) *Carum multiflorum* (Sibth. & Sm.) Boiss. ssp. *multiflorum* Appennino-Balcanico

- 414) *Cnidium silaifolium* (Jacq.) Simonk. ssp. *silaifolium* SE Europeo

- 415) *Bonannia graeca* (L.) Halacsy Appennino-Balcanico

- 416) *Ferulago nodosa* (L.) Boiss. Appennino-Balcanico

- 417) *Ferulago campestris* (Besser) Grecescu Pontico

- 418) *Ferulago sylvatica* (Besser) Rchb. Pontico

- 419) *Opopanax hispidus* (Friv.) Griseb. Appennino-Balcanico

- 420) *Peucedanum coriaceum* Rchb. Illirico

- 421) *Peucedanum schottii* Besser ex DC. Appennino-Balcanico

- 422) *Peucedanum austriacum* (Jacq.) W. D. J. Koch ssp. *austriacum* SE Europeo

- 423) *Peucedanum verticillare* (L.) Mert. & W. D. J. Koch SE Europeo

- 424) *Heracleum sphondylium* L. ssp. *orsinii* (Guss.) H. Neumayer Appennino-Balcanico

- 425) *Heracleum sphonylium* L. ssp. *ternatum* (Velen.) Brummitt Appennino-Balcanico

- 426) *Laserpitium siler* L. ssp. *garganicum* (Ten.) Arcang. Appennino-Balcanico
 427) *Laserpitium siler* L. ssp. *siculum* (Spreng., Santangelo, F. Conti & Gubellini) Appennino-Balcanico
 428) *Laserpitium krapfii* Crantz ssp. *krapfii* Orof. SE Europeo
 429) *Laserpitium peucedanoides* L. Est Alpino-Dinarico
 430) *Orlaya daucorlaya* Murb. Appennino-Balcanico
 431) *Daucus broteri* Ten. Appennino-Balcanico
 432) *Daucus guttatus* Sm. Appennino-Balcanico
 ERICACEAE
 433) *Erica forskalii* Vitmn. Appennino-Balcanico
 434) *Rhododendron hirsutum* L. Orof. SE Europeo
 PRIMULACEAE
 435) *Primula minima* L. Orof. SE Europeo
 436) *Androsace lactea* Orof. SE Europeo
 437) *Androsace obtusifolia* All. Orof. SE Europeo
 438) *Soldanella pusilla* Baumg. ssp. *alpicola* (F. K. Mey.) Chrtek Orof. SE Europeo
 439) *Lysimachia punctata* L. Pontico
 PLUMBAGINACEAE
 440) *Armeria canescens* (Host) Hebel Appennino-Balcanico
 441) *Armeria majellensis* Boiss. ssp. *majellensis* Appennino-Balcanico
 442) *Armeria nebrodensis* (Guss.) Boiss. Appennino-Balcanico
 443) *Limonium cancellatum* (Bertol.) Kuntze Appennino-Balcanico
 OLEACEAE
 444) *Fraxinus ornus* L. ssp. *ornus* Pontico
 445) *Fraxinus angustifolia* Vahl ssp. *oxycarpa* (Willd.) Franco & Rocha Afonso Pontico
 446) *Syringa vulgaris* L. SE Europeo
 GENTIANACEAE
 447) *Centaurium erythraea* Rafn ssp. *rumelicum* (Velen.) Melderis Appennino-Balcanico
 448) *Centaurium littorale* (Turner) Gillmour SE Europeo
 449) *Gentiana lutea* L. ssp. *sympbiandra* (Murb.) Hayek Illirico
 450) *Gentiana pannonica* Scop. Orof. SE Europeo
 451) *Gentiana clusii* Perr. & Sonjeon Orof. SE Europeo
 452) *Gentiana dinarica* Beck Appennino-Balcanico
 453) *Gentiana verna* L. ssp. *tergestina* (Beck) Hayek Appennino-Balcanico
 454) *Gentiana utriculosa* L. Orof. SE Europeo
 455) *Gentianella crispata* (Vis.) Holub Appennino-Balcanico
 456) *Gentianella anisodonta* (Borbás) A. & D. Love Orof. SE Europeo
 457) *Gentianella austriaca* (A. & J. Kern.) Holub Orof. SE Europeo
 458) *Gentianella lutescens* (Velen.) Holub Orof. SE Europeo
 ASCLEPIACEAE
 459) *Periploca graeca* L. Appennino-Balcanico
 460) *Vincetoxicum hirundinaria* Medik. ssp. *adriaticum* (Beck) Markgr. Appennino-Balcanico
 RUBIACEAE
 461) *Putoria calabrica* (L. f.) Person. Appennino-Balcanico
 462) *Asperula aristata* L. ssp. *longiflora* (Waldst. & Kit.) Hayek Appennino-Balcanico
 463) *Asperula purpurea* (L.) Ehrendorf. SE Europeo
 464) *Galium glaucum* L. SE Europeo
 465) *Galium rubrum* L. Orof. SE Europeo
 466) *Galium austriacum* Jacq. Orof. SE Europeo
 CONVULVACEAE
 467) *Cuscuta monogyna* Vahl ssp. *monogyna* SE Europeo
 468) *Calystegia sylvatica* (Kit.) Griseb. SE Europeo
 469) *Convolvulus cneorum* L. Appennino-Balcanico
 470) *Convolvulus betonicifolius* Mill. Pontico
 BORAGINACEAE
 471) *Buglossoides purpureoerulea* (L.) I. M. Jonst. Pontico
 472) *Onosma visianii* Clementi SE Europeo
 473) *Onosma dalmatica* Scheel Illirico
 474) *Onosma helvetica* Boiss. & Teppner SE Europeo
 475) *Onosma echoides* L. Appennino-Balcanico
 476) *Cerinthe minor* L. ssp. *minor* Pontico
 477) *Cerinthe minor* L. ssp. *auriculata* (Ten.) Domac Appennino-Balcanico
 478) *Cerinthe glabra* Mill. ssp. *glabra* Orof. SE Europeo
 479) *Pulmonaria australis* (Murr) W. Sauer SE Europeo
 480) *Nonea lutea* Desr. DC. SE Europeo
 481) *Nonea obtusifolia* (Willd.) DC. SE Europeo
 482) *Symphytum tuberosum* L. ssp. *angustifolium* (A. Kern.) Nyman SE Europeo
 483) *Symphytum bulbosum* K. F. Schimp. SE Europeo
 484) *Anchusa officinalis* L. Pontico
 485) *Anchusella cretica* (Mill.) Bigazzi, E. Nardi & Selvi Appennino-Balcanico
 486) *Myosotis incrassata* Guss. Appennino-Balcanico
 487) *Myosotis sylvatica* Hoffm. ssp. *cyanea* (Hayek) Vesteregren Appennino-Balcanico
 488) *Myosotis sylvatica* Hoffm. ssp. *subarvensis* Grau Appennino-Balcanico
 489) *Omphalodes verna* Moench Orof. SE Europeo
 490) *Cynoglossum columnae* Ten. Appennino-Balcanico
 491) *Cynoglossum nebrodense* Guss. Appennino-Balcanico
 492) *Cynoglottis barrellieri* (All.) Vural & Kit Tan Appennino-Balcanico
 493) *Solenanthes apenninus* (L.) Fisch. & C. A. Mey Appennino-Balcanico

LABIATAE

- 494) *Scutellaria altissima* L. SE Europeo
 495) *Scutellaria hastifolia* L. SE Europeo
 496) *Scutellaria rubicunda* Horne. Appennino-Balcanico
 497) *Marrubium peregrinum* L. SE Europeo
 498) *Marrubium incanum* Desr. SE Europeo
 499) *Melittis melissophyllum* L. ssp. *albida* (Guss.) P. W. Ball Appennino-Balcanico
 500) *Phlomis lanata* Willd. Appennino-Balcanico
 501) *Lamium orvala* L. Est Alpino-Dinarico
 502) *Lamium garganicum* L. ssp. *garganicum* Appennino-Balcanico
 503) *Lamium garganicum* L. ssp. *striatum* (Sm.) Hayek Appennino-Balcanico
 504) *Lamium bifidum* Cirillo ssp. *balcanicum* Velen. Appennino-Balcanico
 505) *Lamium garganicum* L. ssp. *garganicum* Appennino-Balcanico
 506) *Lamium galeobdolon* L. ssp. *flavidum* (F. Herm) A. Lowe & D. Lowe Appennino-Balcanico
 507) *Ballota pseudodictamnus* (L.) Benth. Appennino-Balcanico
 508) *Ballota nigra* ssp. *velutina* (Posp.) Patzak Appennino-Balcanico
 509) *Ballota hispanica* L. Benth. Appennino-Balcanico
 510) *Ballota rupestris* (Biv.) Vis. Appennino-Balcanico
 511) *Stachys tymphaea* Hausskn. Appennino-Balcanico
 512) *Stachys thirkey* C. Koch. Appennino-Balcanico
 513) *Stachys germanica* ssp. *salviifolia* (Ten.) Gams Appennino-Balcanico
 514) *Stachys recta* L. ssp. *grandiflora* (Caruel) Arcang. SE Europeo
 515) *Stachys recta* L. ssp. *subcrenata* (Vis.) Briq. Appennino-Balcanico
 516) *Glechoma hirsuta* Waldst. & Kit. SE Europeo
 517) *Ziziphora capitata* L. ssp. *capitata* Pontico
 518) *Satureja subspicata* Bartl. ex Vis. ssp. *subspicata* Silic Appennino-Balcanico
 519) *Satureja thymbra* L. Appennino-Balcanico
 520) *Satureja cuneifolia* Ten. Appennino-Balcanico
 521) *Mentha microphylla* Koch Appennino-Balcanico
 522) *Micromeria thymifolia* (Scop.) Fritsch. Illirico
 523) *Micromeria microphylla* (D'Urv.) Benth. Appennino-Balcanico
 524) *Micromeria fruticulosa* (Betol.) Silic Appennino-Balcanico
 525) *Acinos suaveolens* (Sm.) Loudon Appennino-Balcanico
 526) *Origanum vulgare* L. ssp. *viridulum* (Martin-Donos) Nyman SE Europeo
 527) *Hyssopus officinalis* L. ssp. *aristatus* (Godr.) Nyman Appennino-Balcanico
 528) *Thymus striatus* Vahl Appennino-Balcanico
 529) *Thymus glabrescens* (Willd.) ssp. *decipiens* SE Europeo
 530) *Thymus thracicus* Velen. Appennino-Balcanico
 531) *Thymus illyricus* Ronninger Illirico
 532) *Thymus praecox* Opiz ssp. *polytrichus* (Borbás) Jalas Appennino-Balcanico
 533) *Thymus praecox* Opiz ssp. *zygiformis* (H. Braun) Jalas Appennino-Balcanico
 534) *Thymus pulegioides* L. ssp. *carniolicus* (Borbás) P. A. Schmidt SE Europeo
 535) *Salvia pratensis* L. ssp. *bertolonii* (Vis.) Briq. Appennino-Balcanico
 536) *Salvia virgata* Jacq. SE Europeo
 537) *Salvia nemorosa* L. ssp. *nemorosa* SE Europeo
- SOLANACEAE
 538) *Scopolia carniolica* Jacq. Orof. SE Europeo
 539) *Mandragora officinarum* L. Appennino-Balcanico
- SCROPHULARIACEAE
 540) *Verbascum samniticum* Ten. Appennino-Balcanico
 541) *Verbascum longifolium* Ten. Appennino-Balcanico
 542) *Verbascum macrurum* Ten. Appennino-Balcanico
 543) *Verbascum mallophorum* Bois. & Heldr. Appennino-Balcanico
 544) *Verbascum alpinum* SE Europeo
 545) *Scrophularia lucida* L. Appennino-Balcanico
 546) *Linaria genistifolia* (L.) Miller SE Europeo
 547) *Linaria dalmatica* (L.) Miller Appennino-Balcanico
 548) *Linaria angustissima* (Loisel.) Borbás Orof. SE Europeo
 549) *Digitalis grandiflora* Mill. Pontico
 550) *Cymbalaria muralis* Gaert., B. Mey & Scherb. ssp. *visianii* D. A. Webb Appennino-Balcanico
 551) *Kickxia commutata* (Bernh. ex Rchb.) Fritsch ssp. *graeca* (Bory & Chab.) Fernandes Appennino-Balcanico
 552) *Digitalis laevigata* Wald. & Kit. Illirico
 553) *Paederota lutea* Scop. Est Alpino-Dinarico
 554) *Wulfenia carinthiaca* Jacq. Illirico
 555) *Pseudolysimachion barrellieri* (Schott ex Roem. & Schult.) Holub ssp. *barrellieri* Appennino-Balcanico
 556) *Pseudolysimachion barrellieri* (Schott ex Roem. & Schult.) Holub ssp. *nitens* Est Alpino-Dinarico
 557) *Pseudolysimachion spicatum* (L.) Opiz ssp. *fischeri* Travn. Est Alpino-Dinarico
 558) *Veronica jacquinii* Baumg. SE Europeo
 559) *Melampyrum barbatum* Wald. & Kit. ssp. *carstiense* Appennino-Balcanico
 560) *Melampyrum fimbriatum* Vandas Est Alpino-Dinarico
 561) *Melampyrum velebiticum* Borbás ex Hand. Mazz. Est Alpino-Dinarico

- 562) *Euphrasia officinalis* L. ssp. *kernerii* (Wetts.) Eb. Fisch. SE Europeo
 563) *Euphrasia salisburgensis* Funck ex Hoppe Orof. SE Europeo
 564) *Euphrasia illyrica* Wettst. Appennino-Balcanico
 565) *Euphrasia liburnica* Wettst. Orof. SE Europeo
 566) *Pedicularis hoermanniana* K. Maly Appennino-Balcanico
 567) *Pedicularis hacquetii* Graf Orof. SE Europeo
 568) *Pedicularis rostrato-capitata* Crantz ssp. *rostratocapitata* Est-Alpino-Carpatico
 569) *Pedicularis comosa* L. ssp. *comosa* Orof. SE Europeo
 570) *Hieracium chondrillifolium* Fr. Orof. SE Europeo
 571) *Pedicularis friderici augusti* Tomm. Appennino-Balcanico
 572) *Pedicularis petiolaris* Ten. Appennino-Balcanico
 573) *Rhinanthus glacialis* Personnat ssp. *glacialis* SE Europeo
 574) *Rhynchoscoris elephas* (L.) Griseb. Appennino-Balcanico
 OROBANCHACEAE
 575) *Orobanche canescens* C. Presl. Appennino-Balcanico
 576) *Orobanche pubescens* d'Urv. SE Europeo
 577) *Orobanche lucorum* A. Braun ex Koch SE Europeo
 ACANTHACEAE
 578) *Acanthus spinosus* L. Appennino-Balcanico
 GLOBULARIACEAE
 579) *Globularia meridionalis* (Podp.) O. Schwarz Appennino-Balcanico
 LENTIBURACEAE
 580) *Pinguicula crystallina* Sibth. & Sm. ssp. *hirtiflora* (Ten.) Strid Appennino-Balcanico
 PLANTAGINACEAE
 581) *Plantago holosteum* Scop. Pontico
 582) *Plantago altissima* L. SE Europeo
 583) *Plantago argentea* Chaix ssp. *argentea* Appennino-Balcanico
 584) *Plantago argentea* Chaix ssp. *liburnica* Ravnik Illirico
 585) *Plantago arenaria* Wald. & Kit. SE Europeo
 CAPRIFOLIACEAE
 586) *Viburnum lantana* L. Pontico
 587) *Lonicera caprifolium* L. SE Europeo
 VALERIANACEAE
 588) *Valeriana elongata* Jacq. Orof. SE Europeo
 DIPSACACEAE
 589) *Cephalaria transsylvanica* (L.) Roem. & Schult Pontico
 590) *Dipsacus laciniatus* L. SE Europeo
 591) *Succisella inflexa* (Kluk) Beck Pontico
 592) *Knautia drymeia* Heuff. ssp. *drymeia* SE Europeo
 593) *Knautia drymeia* Heuff. ssp. *centrifrons* (Borbàs) Ehrend SE Europeo
 594) *Knautia drymeia* Heuff. ssp. *intermedia* (Pern. & Wetts.) Ehrend. SE Europeo
 595) *Knautia drymeia* Heuff. ssp. *tergestina* (Beck) Ehrend. SE Europeo
 596) *Knautia longifolia* (Wald. & Kit.) Koch SE Europeo
 597) *Knautia illyrica* Beck Illirico
 598) *Knautia fleischmannii* (Hladnik ex Rchb.) Pacher Illirico
 599) *Scabiosa silenifolia* Wald. & Kit. Appennino-Balcanico
 600) *Scabiosa velenoskiana* Bobrov Orof. SE Europeo
 601) *Scabiosa taygetea* Boiss. & Heldr. ssp. *garganica* (Porta & Rigo) Hayek Appennino-Balcanico
 602) *Scabiosa ochroleuca* L. SE Europeo
 603) *Scabiosa holosericea* Bertol. SE Europeo
 604) *Lomelosia crenata* (Cirillo) Greuter & Burdet ssp. *crenata* Appennino-Balcanico
 605) *Lomelosia crenata* (Cirillo) Greuter & Burdet ssp. *dallaportae* (Boiss.) Greuter & Burdet Appennino-Balcanico
 CAMPANULACEAE
 606) *Campanula ramosissima* Sibth. Sm Illirico
 607) *Campanula patula* L. ssp. *jahorinae* (K. Maly) Greuter & Burdet Est Alpino-Dinarico
 608) *Campanula persicifolia* L. ssp. *sessiliflora* (C. Koch) Velen. Orof. SE Europeo
 609) *Campanula alpina* Jacq. Orof. SE Europeo
 610) *Campanula lingulata* Wald. & Kit. Appennino-Balcanico
 611) *Campanula glomerata* (L.) ssp. *eliptica* (Schult.) Kirschl. Appennino-Balcanico
 612) *Campanula foliosa* Ten. Appennino-Balcanico
 613) *Campanula sibirica* (L.) ssp. *divergentiformis* (Jav.) Domin Appennino-Balcanico
 614) *Campanula thyrsoides* L. ssp. *carniolica* (Sund.) Podlech Orof. SE Europeo
 615) *Campanula pyramidalis* L. Illirico
 616) *Campanula versicolor* Andrews Appennino-Balcanico
 617) *Campanula marchesetti* Witasek. Est Alpino-Dinarico
 618) *Campanula witasekiana* Vierh. Illirico
 619) *Asyneuma limonifolium* (L.) Janch. ssp. *limonifolium* Appennino-Balcanico
 620) *Phyteuma zahlbruckneri* Vest. Est Alpino-Dinarico
 621) *Edraianthus graminifolius* (L.) A. DC. ssp. *graminifolius* Appennino-Balcanico
 622) *Jasione orbiculata* Griseb. Appennino-Balcanico
 COMPOSITAE
 623) *Adenostyles glabra* (Mill.) DC. ssp. *glabra* Orof. SE Europeo
 624) *Belidistrum michelii* Cass. Orof. SE Europeo
 625) *Erigeron epiroticus* (Vierh.) Halacsy Appennino-Balcanico

- 626) *Erigeron atticus* Vill. Orof. SE Europeo
 627) *Bellis pusilla* (N. Terrac.) Pignatti Orof. SE Europeo
 628) *Bellium minutum* (L.) Appennino-Balcanico
 629) *Filago pygmaea* L. Appennino-Balcanico
 630) *Leontopodium nivale* (Ten.) Huet ex Hand & Mazz. Appennino-Balcanico
 631) *Gnaphalium hoppeanum* W. D. J. Koch ssp. *magellense* (Fiori) Strid Appennino-Balcanico
 632) *Phagnalon rupestre* (L.) DC. ssp. *illyricum* (H. Lindb.) Ginz. Appennino-Balcanico
 633) *Inula helenium* L. SE Europeo
 634) *Inula ensifolia* L. Pontico
 635) *Inula verbascifolia* (Willd.) Haussskn. ssp. *verbascifolia* Appennino-Balcanico
 636) *Carpesium cernuum* L. Pontico
 637) *Bupthalmum salicifolium* L. ssp. *salicifolium* SE Europeo
 638) *Bupthalmum salicifolium* L. ssp. *grandiflorum* Ces. SE Europeo
 639) *Telekia speciosa* (Schreb.) Baumg. SE Europeo
 640) *Anthemis chia* L. Appennino-Balcanico
 641) *Anthemis tomentosa* L. Appennino-Balcanico
 642) *Anthemis cretica* L. ssp. *columnae* (Ten.) Franzen Appennino-Balcanico
 643) *Cota austriaca* (Jacq.) Sch. Bip. Pontico
 644) *Cota segetalis* (Ten.) Holub. Appennino-Balcanico
 645) *Cota tinctoria* L. ssp. *tinctoria* J. Gay Pontico
 646) *Achillea clavenae* L. Est Alpino-Dinarico
 647) *Achillea setacea* Waldst & Kit. SE Europeo
 648) *Achillea collina* Becker ex Rchb. SE Europeo
 649) *Achillea virescens* (Frenzl) Heimerl SE Europeo
 650) *Achillea nobilis* L. ssp. *neilreichii* (A. Kern.) Velen. SE Europeo
 651) *Leucanthemum platylepis* Borbás Illirico
 652) *Leucanthemum coronopifolium* Vill. ssp. *tenuifolium* (Guss.) Vogt & Greuter Appennino-Balcanico
 653) *Tanacetum cineraifolium* Trevir. Illirico
 654) *Artemisia campestris* L. ssp. *alpina* (DC.) Arcnag. Orof. SE Europeo
 655) *Homogyne sylvestris* (Scop.) Cass. SE Europeo
 656) *Doronicum orientale* Hoffm. Orof. SE Europeo
 657) *Doronicum hungaricum* (Sadler) Rchb. Orof. SE Europeo
 658) *Doronicum columnae* Ten. Orof. SE Europeo
 659) *Tephroseris longifolia* (Jacq.) Grieb. & Schenk ssp. *gaudinii* (Gremli) Kerguelen SE Europeo
 660) *Tephroseris integrifolia* (L.) Holub ssp. *capitata* (Wahlenb.) B. Nord. Orof. SE Europeo
 661) *Senecio cordatus* Scop. Orof. SE Europeo
 662) *Senecio scopolii* Hoppe & Hornsch. ex Bluff & Fingerh. Appennino-Balcanico
 663) *Senecio doria* L. ssp. *doria* SE Europeo
 664) *Senecio incanus* (L.) ssp. *carniolicus* (Willd.) Braun Blanq. Orof. SE Europeo
 665) *Senecio abrotanifolius* L. ssp. *abrotanifolius* Orof. Est Alpino-Dinarico
 666) *Senecio squalidus* L. SE Europeo
 667) *Carduus nutans* L. ssp. *inconstrictus* O. Schwarz Appennino-Balcanico
 668) *Carduus nutans* L. ssp. *macrocephalus* (Desf.) Nyman Appennino-Balcanico
 669) *Carduus micropterus* (Borbàs) Teyber ssp. *micropterus* Appennino-Balcanico
 670) *Carduus chrysacanthus* Ten. ssp. *chrysacanthus* Appennino-Balcanico
 671) *Carduus personata* (L.) Jacq. ssp. *personata* Orof. SE Europeo
 672) *Carduus carduelis* (L.) Gren. Est Alpino-Dinarico
 673) *Carduus collinus* Wald. & Kit. SE Europeo
 674) *Carduus australis* (L.) ssp. *marmoratus* (Boiss. & Heldr.) Kazmi Appennino-Balcanico
 675) *Ptilostemon strictus* (L.) Greuter Appennino-Balcanico
 676) *Ptilostemon gnaphaloides* (Cirillo) Sojak Appennino-Balcanico
 677) *Ptilostemon stellatus* (L.) Greuter Appennino-Balcanico
 678) *Cirsium italicum* DC. SE Europeo
 679) *Cirsium creticum* (Lam.) d'Urv. ssp. *creticum* Appennino-Balcanico
 680) *Cirsium creticum* (Lam.) d'Urv. ssp. *triumfettii* (Lac.) Wern. Appennino-Balcanico
 681) *Cirsium canum* (L.) All. Pontico
 682) *Cirsium pannonicum* (L.) Link Pontico
 683) *Onopordum horridum* Viv. Appennino-Balcanico
 684) *Onopordum tauricum* Willd. Pontico
 685) *Jurinea mollis* (Rchb.) ssp. *mollis* SE Europeo
 686) *Klasea lycopifolia* (Vill.) A. & D. Löve Pontico
 687) *Centaurea ragusina* L. Illirico
 688) *Centaurea rupestris* L. ssp. *rupestris* Appennino-Balcanico
 689) *Centaurea brachtii* Rchb. fil. Illirico
 690) *Centaurea tommasinii* A. Kern. Appennino-Balcanico
 691) *Centaurea tenuiflora* DC. SE Europeo
 692) *Centaurea cristata* Bartl. Illirico
 693) *Centaurea diffusa* Lam. SE Europeo
 694) *Centaurea deusta* Ten. ssp. *deusta* Appennino-Balcanico
 695) *Centaurea deusta* Ten. ssp. *splendens* (Arcang.) Matthas & Pignatti Appennino-Balcanico
 696) *Centaurea jacea* L. ssp. *haynaldii* (B. ex Borbàs ex Hayek) Hayek Illirico
 697) *Centaurea jacea* L. ssp. *gaudinii* (Boiss. & Reut.) Gremli SE Europeo
 698) *Centaurea jacea* L. ssp. *angustifolia* Gremli Appennino-Balcanico

- 699) *Centaurea nigrescens* Willd. ssp. *nigrescens* SE Europeo
700) *Centaurea nigrescens* Willd. ssp. *transalpina* (Schleichex DC.) Nyman SE Europeo
701) *Centaurea stenolepis* A. Kern. ssp. *stenolepis* SE Europeo
702) *Cyanus triumfettii* (All.) Dostal ex A. & D. Löve ssp. *axillaris* (Celak) Stepanek Appennino-Balcanico
703) *Centaurea uniflora* Turra ssp. *nervosa* (Willd.) Bonnier & Layens SE Europeo
704) *Centaurea solstitialis* L. ssp. *adamii* (Willd.) Nyman SE Europeo
705) *Aegialophila pumila* (L.) Boiss. Appennino-Balcanico
706) *Cardopatum corymbosum* (L.) Pers. Appennino-Balcanico
707) *Xeranthemum inapertum* (L.) Mill. Pontico
708) *Xeranthemum annuum* L. Pontico
709) *Echinops exaltatus* Schrad SE Europeo
710) *Echinops ritro* L. ssp. *ruthenicus* (M. Bieb.) Nyman Pontico
711) *Echinops spinosissimus* Turra Appennino-Balcanico
712) *Aposeris foetida* (L.) Less SE Europeo
713) *Tragopogon tommasinii* Sch. Bip. Illirico
714) *Tragopogon dubius* Scop. Pontico
715) *Tragopogon samaritani* Heldr. & Sart. ex Boiss. Appennino-Balcanico
716) *Scorzonera purpurea* L. ssp. *purpurea* SE Europeo
717) *Scorzonera purpurea* L. ssp. *rosea* (Wald. & Kit.) Nyman SE Europeo
718) *Scorzonera austriaca* Willd. Pontico
719) *Scorzonera villosa* Scop. ssp. *columnae* (Guss.) Nyman
720) *Scorzonera villosa* Scop. ssp. *villosa* Appennino-Balcanico
721) *Scorzonera jacquiniana* (W. D. J. Koch) Pontico
722) *Hypochaeris cretensis* (L.) Bory & Chaub. Appennino-Balcanico
723) *Leontodon montanus* Lam. ssp. *montanus* SE Europeo
724) *Leontodon incanus* Schrank ssp. *incanus* Est Alpino-Carpatico
725) *Leontodon incanus* Schrank ssp. *tenuiflorus* (Gaudin) Hegi SE Europeo
726) *Leontodon cichoraceus* Ten. Appennino-Balcanico
727) *Picris hispidissima* (Bartl.) W. D. J. Koch Illirico
728) *Picris rhagadioloides* (L.) Desf. SE Europeo
729) *Picris laciniata* Vis. Appennino-Balcanico
730) *Taraxacum glaciale* E. & A. Huet. ex Hand.-Mazz. Appennino-Balcanico
731) *Taraxacum croceicarpum* Soest Orof. SE Europeo
732) *Taraxacum scaturiginosum* G. E. Haglund Orof. SE Europeo
733) *Lactuca quercina* L. Pontico
734) *Crepis jacquinii* Tausch ssp. *kernerii* (Rech. F.) Merxmull. Est Alpino-Dinarico
735) *Crepis aurea* (L.) Cass. ssp. *aurea* Orof. SE Europeo
736) *Crepis aurea* (L.) Cass. ssp. *glabrescens* (Caruel) Arcng. Appennino-Balcanico
737) *Crepis pontana* (L.) Dalla Torre Alpino-Dinarico
738) *Crepis alpestris* (Jacq.) Tausch Orof. SE Europeo
739) *Crepis neglecta* L. Appennino-Balcanico
740) *Crepis chondrilloides* Jacq. Illirico
741) *Crepis froelichiana* DC. Est Alpino-Dinarico
742) *Crepis rubra* L. Appennino-Balcanico
743) *Crepis dioscoridis* L. Appennino-Balcanico
744) *Crepis lacera* Ten. Appennino-Balcanico
745) *Crepis corymbosa* Ten. Appennino-Balcanico
746) *Hieracium staticifolium* Appennino-Balcanico
747) *Hieracium hypeuryum* Peter SE Europeo
748) *Hieracium alpicola* Schleich ex Steud. & Hochst Orof. SE Europeo
749) *Hieracium pavichii* Heuff. Orof. Appennino-Balcanico
750) *Hieracium porrifolium* L. Orof. SE Europeo
751) *Hieracium bupleuroides* C. C. Gmel Orof. SE Europeo
752) *Hieracium glaucum* All. SE Europeo
753) *Hieracium naegelianum* Pancic Appennino-Balcanico
754) *Hieracium villosum* Jacq. Orof. SE Europeo
755) *Hieracium pilosum* Schleich ex Froel Orof. SE Europeo
756) *Hieracium starmuhleri* Appennino-Balcanico
757) *Hieracium oxyodon* Fr. Orof. SE Europeo
758) *Hieracium illyricum* Zahn Illirico
759) *Hieracium pospichalii* Zahn SE Europeo
760) *Hieracium dragicola* (Nägeli & Peter) Zahn Orof. SE Europeo
761) *Hieracium leioccephalum* Bartl. ex Griseb. Orof. SE Europeo
762) *Hieracium scorzonrifolium* Vill. Orof. SE Europeo
763) *Hieracium ctenodon* Nägeli & Peter Illirico
764) *Hieracium dentatum* Hoppe Orof. SE Europeo
765) *Hieracium glabratum* Hoppe ex Willd. Orof. SE Europeo
766) *Hieracium chlorifolium* Arv.-Touv. Orof. SE Europeo
767) *Hieracium rostanii* Nägeli & Peter Orof. SE Europeo
768) *Hieracium taurinense* Jord. Orof. SE-Europeo
769) *Hieracium tephrocephalum* Appennino-Balcanico
770) *Hieracium visianii* (F. W. Schultz & Sch. Bip.) Schinz & Thell. Appennino-Balcanico

- 771) *Hieracium pallescens* Walds. & Kit. SE Europeo
 772) *Hieracium marchesettianum* Zahn SE Europeo
 773) *Hieracium huetianum* Harv. Touv. Appennino-Balcanico
 774) *Hieracium portanum* Belli Appennino-Balcanico
 775) *Hieracium borealiforme* P. D. Sell & C. West Illirico
 776) *Hieracium platyphyllum* (Arv.-Touv.) Arv.-Touv. SE Europeo
 777) *Hieracium balbisianum* Arv.-Touv. & Briq. Orof. SE Europeo
 778) *Hieracium bocconeii* Griseb. Orof. SE Europeo
 779) *Hieracium arpadianum* Zahn Orof. SE Europeo
 780) *Hieracium cydonifolium* Vill. Orof. SE Europeo
 781) *Hieracium neyraeanum* Arv.-Touv. Orof. SE Europeo
 MONOCOTYLEDONAE
 LILIACEAE
 782) *Asphodeline liburnica* (Scop.) Rchb. Appennino-Balcanico
 783) *Colchicum bivonae* Guss. Appennino-Balcanico
 784) *Bulbocodium versicolor* (Ker Gawl.) Spreng. SE Europeo
 785) *Gagea chrysantha* Schulth & Schulth f. Appennino-Balcanico
 786) *Gagea pusilla* (F. W. Schmidt) Schult & Schult f. SE Europeo
 787) *Tulipa saxatilis* Sieber ex Spreng. Appennino-Balcanico
 788) *Fritillaria messanensis* Raf. Appennino-Balcanico
 789) *Fritillaria montana* Hoppe ex Koch SE Europeo
 790) *Lilium carniolicum* Bernh. Est Alpino-Dinarico
 791) *Ornithogalum kochii* Parl. Illirico
 792) *Ornithogalum refractum* Kit. ex Willd. Pontico
 793) *Honorius boucheanus* (Kunth) J. Holub Pontico
 794) *Loncomelos pyrenaicus* (L.) Hrouda ex Jolub ssp. *sphaerocarpus* (A. Kern.) Holub SE Europeo
 795) *Bellevalia dubia* (Guss.) Kunth ssp. *boissieri* Freyn. Appennino-Balcanico
 796) *Bellevalia dubia* ssp. *dubia* (Guss.) Kunth Appennino-Balcanico
 797) *Muscari parviflorum* Desf. Appennino-Balcanico
 798) *Muscari kernerii* (Marchesetti) Soldano Illirico
 799) *Muscari gussonei* (Parl.) Tod. Appennino-Balcanico
 800) *Allium amethystinum* Tausch. Appennino-Balcanico
 801) *Allium moschatum* L. SE Europeo
 802) *Allium obtusiflorum* DC. Appennino-Balcanico
 803) *Allium ericetorum* Thore Appennino-Balcanico
 804) *Allium saxatile* M. Bieb. ssp. *tergestinum* (Gand.) Bedalov & Lovric SE Europeo
 805) *Allium suaveolens* Jacq. SE Europeo
 806) *Allium cyrilli* Ten. Appennino-Balcanico
 807) *Allium phthioticum* Boiss. & Heldr. Appennino-Balcanico
 808) *Allium ursinum* L. ssp. *ucrainicum* (Kleopw & Oxner) Bordz. SE Europeo
 809) *Nectaroscordum siculum* (Ucria) Lindley SE Europeo
 810) *Polygonatum latifolium* (Jacq.) Des. Pontico
 811) *Asparagus tenuifolius* Lam. Pontico
 AMARYLLIDACEAE
 812) *Stenbergia sicula* Tineo ex Guss. Appennino-Balcanico
 IRIDACEAE
 813) *Iris graminea* L. SE Europeo
 814) *Iris cengialti* Ambrosi ex A. Kern. ssp. *illyrica* (Asch. & Graebn.) Illirico
 815) *Iris lorea* Janka SE Europeo
 816) *Crocus vernus* (L.) Hill ssp. *albiflorus* (Kit.) Ces. SE Europeo
 817) *Crocus longiflorus* Raf. Appennino-Balcanico
 818) *Crocus thomasi* Tne. Appennino-Balcanico
 819) *Crocus reticulatus* Steven ex Adam ssp. *reticulatus* Appennino-Balcanico
 820) *Crocus weldenii* Hoppe & Furr. Illirico
 821) *Gladiolus inarimensis* Guss. Appennino-Balcanico
 822) *Gladiolus imbricatus* L. SE Europeo
 JUNCACEAE
 823) *Juncus jacquinii* L. Orof. SE Europeo
 824) *Juncus thomasi* Ten. Appennino-Balcanico
 825) *Luzula sylvatica* (Huds.) Gaudin. ssp. *sylvatica* SE Europeo
 826) *Luzula sylvatica* (Huds.) Gaudin ssp. *sieberi* SE Europeo
 827) *Luzula spicata* (L.) DC. ssp. *bulgarica* Chrtek & Krisa Appennino-Balcanico
 828) *Luzula pindica* (Hausskn.) Chrtek & Krisa Appennino-Balcanico
 829) *Luzula sicula* Parl. Appennino-Balcanico
 GRAMINACEAE
 830) *Poa carniolica* Hladnik & Graf. ex Rchb. Orof SE Europeo
 831) *Poa bivonae* Parl. ex Guss. Appennino-Balcanico
 832) *Poa molineri* Balb. Orof. SE Europeo
 833) *Poa pumila* Host Appennino-Balcanico
 834) *Festuca pulchella* Schrad. ssp. *pulchella* Orof. SE Europeo
 835) *Festuca pratensis* Huds. ssp. *apennina* (De Not.) Hegi Orof. SE Europeo
 836) *Festuca spectabilis* Jan. ex Bertol. ssp. *spectabilis* SE Europeo
 837) *Festuca spectabilis* Jan ex Bertol. ssp. *carniolica* (Jacq.) Hayek Illirico
 838) *Festuca laxa* Host. Illirico
 839) *Festuca calva* K. Richt. SE Alpino-Dinarico
 840) *Festuca bosniaca* Kumm & Sendt. ssp. *bosniaca* Appennino-Balcanico
 841) *Festuca nitida* Kit. ex Schult. ssp. *nitida* Est Alpino-Carpatico

- 842) *Festuca violacea* Schleich ex Gaudin ssp. *italica* Foggi, Graz, Rossi & Signorini Appennino-Balcanico
- 843) *Festuca picturata* Pils Orof. SE Europeo
- 844) *Festuca norica* (Hack.) K. Richt. Orof. Est Alpino-Dinarico
- 845) *Festuca valesiaca* Schleich ex Gaudin ssp. *valesiaca* SE Europeo
- 846) *Festuca stricta* Host ssp. *sulcata* (Hack.) Patzke SE Europeo
- 847) *Festuca alfrediana* Foggi & Signorini Appennino-Balcanico
- 848) *Festuca stenantha* (Hack.) Richt. Est Alpino-Dinarico
- 849) *Festuca jeanpertii* (St. Yves) Markgr.-Dann. ssp. *campana* (N. Terrac.) Markgr.-Dann. Appennino-Balcanico
- 850) *Oerochloa disticha* (Wulfen) Link Est Alpino-Carpatico
- 851) *Sesleria spaerocephala* (Ard.) Deyl Orof. SE Europeo
- 852) *Sesleria autumnalis* (Scop.) F. W. Schultz Appennino-Balcanico
- 853) *Sesleria tatray* (Degen) Dayl. SE Europeo
- 854) *Sesleria juncifolia* Suffren ssp. *juncifolia* Appennino-Balcanico
- 855) *Sesleria kalnikensis* Jav. Appennino-Balcanico
- 856) *Psilathera ovata* (Hoppe) Deyl SE Europeo
- 857) *Melica transsilvanica* Schur ssp. *transsilvanica* Pontico
- 858) *Melica picta* Koch Pontico
- 859) *Bromus pannonicus* Kumm. & Sendtn. SE Europeo
- 860) *Bromus fasciculatus* C. Presl. Appennino-Balcanico
- 861) *Bromus transsylvanicus* Hackel Appennino-Balcanico
- 862) *Brachypodium sylvaticum* (Huds.) P. Beauv ssp. *glauco-virens* Murb. SE Europeo
- 863) *Elymus hispidus* (Opiz) Melderis SE Europeo
- 864) *Triticum biunciale* (Vis.) Richter Appennino-Balcanico
- 865) *Triticum uniaristatum* (Vis.) Richter Appennino-Balcanico
- 866) *Triticum cylindricum* (Host) Cesati, Passerini & Gibelli SE Europeo
- 867) *Avenula praeusta* (Rchb.) Holub Orof. SE Europeo
- 868) *Helictotrichon convolutum* (C. Presl) Hernard Appennino-balcanico
- 869) *Danthonia alpina* Vest. SE Europeo
- 870) *Keoeleria eriostachya* SE Europeo
- 871) *Lolium rigidum* Gaudin ssp. *lepturoides* (Boiss.) Sennen & Mauricio Appennino-Balcanico
- 872) *Trisetaria myriantha* (Bertol.) D. Heller SE Europeo
- 873) *Trisetaria aurea* (Ten.) Pignatti SE Europeo
- 874) *Trisetaria alpestris* (Host) Baumg. Orof. SE Europeo
- 875) *Trisetaria flavescens* Baumg. ssp. *splendens* (C. Presl) Banfi & Soldano Appennino-Balcanico
- 876) *Hierochloa australis* (Schrab.) Roem. & Schult. SE Europeo
- 877) *Phleum echinatum* Host Appennino-Balcanico
- 878) *Phleum hirsutum* Hinck. ssp. *hirsutum* SE Europeo
- 879) *Phleum exaratum* Hochst. ex Griseb. Appennino-Balcanico
- 880) *Stipa pulcherrima* Koch SE Europeo
- 881) *Stipa eriocalis* Borbàs (Beck) Moraldo & Ricceri SE Europeo
- 882) *Stipa epilosa* Martinovsky ssp. *epilosa* SE Europeo
- ARACEAE
- 883) *Arum cylindraceum* Gasp. Appennino-Balcanico
- 884) *Arum apulum* (Carano) P. C. Boyce Appennino-Balcanico
- CYPERACEAE
- 885) *Carex mucronata* All. ssp. *mucronata* SE Europeo
- 886) *Carex buekii* Wimm. SE Europeo
- 887) *Carex fritschii* Weisb. SE Europeo
- 888) *Carex firma* Host Orof. SE Europeo
- 889) *Carex macrolepis* DC. Appennino-Balcanico
- 890) *Carex kitibeliana* Degen. ex Beck ssp. *kitibeliana*
- 891) *Carex michelii* Host Pontico
- 892) *Carex liparocarpos* Gaudin ssp. *liparocarpos* SE Europeo
- 893) *Eleocharis carniolica* Koch SE Europeo
- ORCHIDACEAE
- 894) *Orchis quadripunctata* Cirillo ex Ten. Appennino-Balcanico
- 895) *Serapias politisii* Renz Appennino-Balcanico
- 896) *Ophrys lutea* ssp. *phryganae* (Devillers Tersch. & Devillers) Melki Appennino-Balcanico
- 897) *Ophrys bertolonii* Moretti ssp. *bertolonii* Appennino-Balcanico
- 898) *Ophrys bertolonii* Moretti ssp. *bertoloniiiformis* (O. Danesch & E. Danesch) H. Sund Appennino-Balcanico
- 899) *Ophrys argolica* H. Fleischmann ssp. *biscutella* (O. Danesch & E. Danesch) Krutz Appennino-Balcanico
- 900) *Ophrys scolopax* Cav. ssp. *cornuta* (Steven) E. G. Camus Appennino-Balcanico
- 901) *Ophrys fuciflora* (F. W. Schmidt) Moench ssp. *tetraloniae* (W. P. Teschner) Kreutz Appennino-Balcanico
- 902) *Ophrys lacaitae* Lojac. Appennino-Balcanico
- 903) *Ophrys sphegodes* Mill. ssp. *tommasinii* (Vis.) Soò Appennino-Balcanico

- 904) *Ophrys exaltata* Ten. ssp. *archipelagi* (Golz & H. R. Reinhard) Del Prete Appennino-Balcanico
- 905) *Epipactis persica* Soò & Nannfeld ssp. *gracilis* (B. Baumann & H. Baumann) W. Rossi Appennino-Balcanico
- 906) *Epipactis persica* Soò & Nannfeld ssp. *pontica* (Taubenheim) H. Baumann & R. Lorenz SE Europeo

DUŠAN PODGORNIK IN MEMORIAM



Dušana sem imel priliko spoznati pred šestnajstimi leti. Kot sveže pečenega urednika znanstvene revije *Annales* me je glavni urednik Darko Darovec peljal v Bonine, da bi spoznal oblikovalca revije, Dušana Podgornika. Namesto standardnega gostoljubja so naju pričakale petarde oziroma pasje bombice, ki sta jih na naju metala s sinkom. Začetno klavrno vzdušje, ki sem ga doživel ob poku petard pod mojimi nogami, je kaj hitro skopnelo, ko mi je močno stisnil roko, si me ogledal s svojimi prodornimi sinjemodrimi očmi in pokazal njemu lastni prijateljski, široki nasmeh. Še bolj pa potem, ko me je prepričal z velemojstrskim izborom in oblikovanjem naslovnice in ovitkov revije. Takšen je pač bil Dušan! Iskalec originalnosti, vztrajni borec proti stereotipom.

Vsaka njegova naslovnica je bila odlična in z leti se je ta odličnost stopnjevala v popolnost. Ko sva izbirala naslovnico, je hotel vedno vedeti, kakšni članki so zbrani za revijo, da se je lahko odločil. Vedno je hotel, da ima slika dovolj jasno sporočilo. Tako sva se šestnajst let nekajkrat letno dobivala, da je iz prinesenega gradiva oblikoval naslovnice za revije, zbornike in knjige. Dušan je dal zunanjo podobo, obraz vsem revijam, knji-

gam, zbornikom in publikacijam, ki so nastale na Znanstveno Raziskovalnem središču Republike Slovenije v Kopru. Bil je arbiter elegance in mojster kompozicije.

Obiski v Bonin的角度, kasneje v novi in seveda nenavadni hiši (spet iskanje originalnosti!) ter brez petard, so bili zame daleč najlepša plat urednikovanja. Dolgi pogovori o potovanjih na Orient, ki ga je vedno privlačil, o fotografijah, razstavah in v zadnjih letih skoraj vedno o potapljanju. Spominjam se, kako sem ga večkrat spodbujal, da je svet na morsko dno pritrjenih živali kot nalašč zanj, veččega iskanja posebnosti v svetu makro fotografije. Tam da bo našel vso izjemnost živobarvnih oblik in v pravilno geometrijsko simetrijo ujetih spregledanih vzorcev, ki so se razvili v dolgem časovnem obdobju evolucije. Ko si je nabavil podvodno fotografsko opremo in pričel s fotografiranjem, se je to uresničilo.

Žal nikoli nisem imel prilike, da bi se skupaj potapljala. Krivda je izključno na moji strani, saj sem se, namesto da bi si vzel dan dopusta in sprejel Dušanova vabila na potop, zapletal s polpomembnimi ali nepomembnimi zadevami. Danes vem, da so me take neumnosti okradle družben s takim prijateljem, kot je Dušan, družben, ki so me vedno bogatila. Njegovi standardi v živ-

ljenju so bili drugačni od tistih večine ljudi, njegov tempo je bil zdaj zelo počasen, že naslednji hip pa prehiter, da bi mu lahko zbrano sledili.

Preveč ljudi na tem svetu misli, da ima kaj povedati ali pokazati, pa ne povedo ali pokažejo nič kaj pretresljivega. Le malo ljudi pa je takih, kot je bil Dušan. Zavoljo svojih bogatih izkušenj in originalnega pogleda na življenje je imel kaj povedati in pokazati, pa tega na žalost ne bomo nikoli več slišali ali videli. Dušan, v čast in veliko veselje mi je bilo, da sem imel priliko poznati Te in se učiti od Tebe.

Mojster, počivaj v miru!

DUŠAN PODGORNIK IN MEMORIAM

I first met Dušan 16 years ago. I had just started editing the scientific journal *Annales*, when the chief editor Darko Darovec took me to Bonini to meet the graphic designer, Dušan Podgornik. Instead of the traditional hospitality, we were received with firecrackers, thrown at us by Dušan and his little son. This terrible first impression with the firecrackers under my feet quickly disappeared when he firmly shook my hand, took a look at me with his piercing blue eyes and showed his typical friendly broad smile. And even more so when he convinced me with his superb selection and design of the cover and front page of the journal. This is simply who he was. The seeker of originality, and a persistent fighter against stereotypes.

Every cover he designed was excellent and over the years they became perfect. When choosing the front page, he always wanted to know about the selected articles so that he could make exactly the right choice. He always wanted the photo to have a clear message. For the past 16 years we met a few times yearly so he could go through the material I brought and design the covers of journals, publications and books. Dušan gave the face

to every journal, book, yearbook and publication of the Koper Science and Research Centre of the Republic of Slovenia. He was an arbiter of elegance and a master of composition.

My later visits to Bonini, to the new and unusual house (again search for originality!) and without firecrackers were by far the most pleasant part of the editing job. Long talks about travels to the Orient, which always attracted him, conversations about photography, exhibitions and in the last years almost every time about diving. I remember telling him how the world of animals attached to the sea bottom was made for him, a seeker of peculiarity in the macro photography. How he would find vibrantly coloured shapes and overlooked patterns extraordinary, trapped in the geometrical symmetry and developed in the long period of evolution. When he got the underwater photography equipment and started taking photos, it came true.

Unfortunately I never got a chance to dive with him. It was entirely my fault for getting wrapped in the semi-important and unimportant things instead of taking a day off and accepting Dušan's invitations to go diving. Today I know that such stupidities robbed me of fulfilling quality time with a friend like Dušan. His standards in life were different from most people's, his pace slow at times, then again too fast to follow.

Too many people in this world think that they have something to say and show while they don't say or show anything remarkable. Only a few of them are like Dušan. Because of his vast experience and unique view of life he had things to say and show, but unfortunately we will never be able to hear or see them again. Dušan, it's been a great honour and pleasure to know you and to learn from you.

Rest in peace, master!

Lovrenc Lipej